

# SILTOJEN TELINESUUNNITTELU EUROKOODIN MUKAAN

Mikko Hartikka

2011

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# SILTOJEN TELINESUUNNITTELU

## EUROKOODIN MUKAAN

Mikko Hartikka

Opinnäytetyö

4.4.2011

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Rakennustekniikka	Insinöörityö	32		7
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Rakennetekniikka	2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Liikennevirasto	Hartikka Mikko			
Työn nimi				
Siltojen telinesuunnittelu eurokoodin mukaan				
Avainsanat				
sillanrakentaminen, tukiteline, telinesuunnittelu				

Suomessa rakennetaan yhä lähes kaikki siltojen tukitelineet puutavarasta (Siltojen tukitelineet - 2007. 2008). Tässä opinnäytetyössä tutkittiin puurakenteisten telineiden suunnitteluprosessia ja siitä saatavia tuloksia suunniteltaessa eurokoodin ja rakentamismääräyskokoelman mukaan. Opinnäytetyössä tavoitteena oli tehdä vertailulaskelmat kahden erilaisen sillan telineistä ja vertailla laskelmien tuloksia. Erityistä huomiota kiinnitettiin leimapaineisiin, aikaluokkiin sekä kohtuullisten kuormitusotaksumien löytämiseen.

Opinnäytetyössä mitoitettiin Myllykallion risteyssillan (RS) ja Kauppalantien ylikulkukäytävän (YKK) telineet sekä eurokoodin että rakentamismääräyskokoelman mukaan. Kauppalantien ylikulkukäytävä on jännitetty jatkuva palkkisilta Helsingissä ja Myllykallion risteyssilta on jatkuva ulokelaattasilta Espoossa. Mitoitus suoritettiin rakennelaskelmaohjeen mukaisesti lähtien tekemään vertailulaskelmia muotin alapuolisesta koolauksesta alaspäin.

Eurokoodi eroaa rakentamismääräyskokoelmasta muun muassa laskettaessa telineisiin kohdistuvia vaakakuormia. Tuulikuormat tulivat yhtä poikkeusta lukuun ottamatta eurokoodin mukaan suuremmiksi molemmissa kohteissa. Myös pystykuormien epäkeskisyydestä aiheutuva vaakakuorma on maanvaraisissa telineissä eurokoodin mukaan 2 % suurempi kuin rakentamismääräyskokoelmassa.

# OULU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES    ABSTRACT

Degree programme	Thesis	Pages	+	Appendices
Civil Engineering	B.eng	32		7
Line	Time			
Structural engineering	2011			
Commissioned by	Author			
Finnish Transport Agency	Hartikka Mikko			
Thesis title				
Bridge scaffold designing with eurocodes				
Keywords				
bridge building, scaffold, scaffold design				

In Finland almost all scaffoldings in bridge building are made of wood. In this thesis the difference between eurocodes and Finnish building code in structural designing of wooden scaffoldings in bridge building was studied by making comparison calculations. Special attention was given to compressive stress, duration classes and finding load combinations which are most likely to occur during the time that scaffoldings are in use.

The Comparison calculations were made from a jut-plate-bridge in Myllykallio, Espoo and a bent-beam-bridge in Kauppalaantie, Helsinki. The Dimensioning was made according to the structure calculation norm, starting from beams below the formwork and going all the way to the scaffold-foundations.

The biggest difference between Finnish building code and eurocode turned out to be in wind loads and horizontal loads focused on scaffoldings. In all situations the wind loads were bigger in designing by eurocodes, except in one case.

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT .....	4
1 JOHDANTO .....	6
2 SILTOJEN PUURAKENTEISET TUKITELINEET .....	7
2.1 Suunnittelijan pätevyys.....	7
2.2 Tukitelinesuunnitelman sisältö.....	8
2.3 Kuormat.....	9
2.3.1 Rajatilamenettely .....	9
2.3.2 Kuormat Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan .....	10
2.3.3 Kuormat eurokoodin mukaan .....	11
2.4 Puiset tukirakenteet.....	12
2.4.1 Niskat ja koolaus .....	13
2.4.2 Pysty- ja vinotuet.....	14
2.4.3 Telineanturat .....	15
2.4.4 Telineen jäykistäminen .....	15
2.5 Työturvallisuus .....	16
2.6 Telineiden tarkastukset ja valvonta .....	19
3 TUTKITUT SILTAKOhteet .....	20
3.1 Perustiedot ja geometria.....	20
3.2 Poikkileikkaukset .....	21
4 SUUNNITTELUN TULOSTEN VERTAILU .....	22
4.1 Myllykallion risteyssilta .....	23
4.2 Kauppalantien ylikulkukäytävä .....	25
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA EHDOTETUT JATKOTOIMENPITEET .....	27
6 YHTEENVETO.....	29
LÄHTEET .....	30
LIITTEET .....	32

# 1 JOHDANTO

Sillan tukitelineet rakennetaan tukemaan sillan valumuottia ja siirtämään rakenteen kuormat hallitusti kantavalle maaperälle. Tukitelineet suunnitellaan noudattaen voimassa olevia lakeja, viranomaismääräyksiä ja ohjeita sekä alan yleisesti hyväksyttyjä ohjeita ja suosituksia. (RIL 147-2006.) Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan suunnittelun tulosten eroja laskettaessa puurakenteisia telineitä rakentamismääräyskokoelman ja eurokoodijärjestelmän mukaan.

Sillanrakennuksessa telinekustannukset voivat olla 15–30 % sillan kokonaiskustannuksista, joten telinesuunnittelulla on suuri merkitys paitsi työturvallisuuden kannalta myös taloudellisesti. Telineen virheellinen suunnittelu tai toteutus voi heikentää sillan laatua, lopullista ulkonäköä ja kantavuutta. Vaikka nykyaikaiset telinejärjestelmät ovatkin oikein suunniteltuina ja käytettyinä tehokkaita ja varmoja valumuotin tukirakenteita, on puun käyttö telinerakenteissa yhä Suomessa yleistä. Tämä johtuu pitkälti siitä, että puuta ja sen käsittelyn osaavaa ammattitaitoista työvoimaa on hyvin saatavilla. (Siltojen tukitelineet - 2007. 2008.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuoda esiin eurokoodijärjestelmän ja rakentamismääräyskokoelman keskeisimmät eroavaisuudet ja vertailla niiden erilaisia mitoituskäytäntöjä. Työssä tarkastellaan kahden erilaisen sillan telineiden mitoitusprosesseja lähtien muotin alapuolisesta koolauksesta, edeten niskojen ja pystytukien kautta telineanturoihin tai -paalutukseen asti. Eurokoodin mukaan tehdyissä vertailulaskelmissa käytetään mitoitusosille samoja jakovälejä kuin rakentamismääräyskokoelman mukaisissa laskelmissa, jotta pystytään vertailemaan tuloksia mahdollisimman tarkasti. Mitoitus suoritetaan Mathcad-ohjelmistolla.

## **2 SILTOJEN PUURAKENTEISET TUKITELINEET**

Sillan tukiteline on väliaikainen rakenne, jonka tehtävä on tukea rakenteilla olevan sillan päällysrakenne työn aikana (Siltojen tukitelineet – 2007. 2008). Telineet suunnitellaan siten, että ne siirtävät rakennusvaiheittain ja valmiina niille tulevat kuormat maapohjalle tai muulle alustalle, jonka varaan ne on pystytetty. Telineiden kuormituksesta ei saa aiheutua sallittuja rajoja ylittäviä muodonmuutoksia. Tällä asetuksella taataan tulevalle rakenteelle haluttu muoto ja asema. (RIL 147-2006.)

Suunnittelu toteutetaan statiikan ja lujuusopin yleisesti hyväksytyjen laskentaperiaatteiden mukaisesti ja mitoituksessa käytetään rajatilatarkasteluja tai sallittujen jännitysten menetelmää. Mitoituksessa käytetään aina saman standardisarjan mukaisia kuormituksia ja materiaaliarvoja. Suunnittelussa tulee ottaa tapauskohtaisesti huomioon rakentamisen ja purkamisen asettamat vaatimukset sekä minimoida työvirheistä tai muusta odottamattomasta tilanteesta aiheutuva vahinko. (RIL 147-2006.)

### **2.1 Suunnittelijan pätevyys**

Telineen suunnittelijalla tulee olla vähintään rakennusinsinöörin tutkinto (AMK) sekä kokemusta siltojen telinesuunnittelusta. Rakentamismääräyskoelman osan A2 määrittelemien rakennustehtävän vaativuuksien perusteella sillan telinerakenteet voidaan jakaa seuraavasti: tavanomaiset telineet luokkaan B, vaativat telineet luokkaan A ja poikkeuksellisen vaativat telineet luokkaan AA. (RIL 147-2006.)

Mikäli telinekohdetta suunnittelee useampi kuin yksi suunnittelija, ryhmästä on valittava yksi henkilö toimimaan vastaavana suunnittelijana. Vastaavan suunnittelijan tehtävä on huolehtia siitä, että suunnittelun osakokonaisuudet

sopivat yhteen ja niistä saadaan vaatimuksien mukainen kokonaisuus. (RIL 147-2006.)

## **2.2 Tukitelinesuunnitelman sisältö**

Siltarakenteiden tukitelineistä tehdään aina telinesuunnitelma, josta ilmenee telineiden soveltuvuus käyttötarkoitukseen sekä varmuus lujuudesta ja vakaavuudesta. Suunnitelma sisältää lujuuslaskelmat, piirustukset ja tarvittaessa työselityksen. (RIL 147-2006.)

Kaikille rakenneosille laaditaan lujuuslaskelmat kunkin materiaalin voimassa olevien suunnitteluohjeiden mukaan. Näitä rakenneosia ovat telineperustukset, tukirakenteet, kannatinrakenteet ja muotit. Lujuustarkastelussa selvitetään rakenneosan sijainti kohteessa, staattinen malli, kuormitukset, lasketut voimasuureet ja mitoitustarkastelut. (RIL 147-2006.)

Muodonmuutostarkastelussa telineiden ja perustusten muodonmuutokset huomioidaan niin, että valmis rakenne saa sille määritellyn aseman ja muodon. Teline rakenteissa painumaa tapahtuu perusmaan painuman, telineen vaakakannattajien taipumien, liitosten ja kosketuspintojen siirtymien sekä pystytukien kokoonpuristumien takia. Näiden osatekijöiden aiheuttama kokonaispainuma otetaan huomioon telinesuunnitelmassa esikohotuksella. (RIL 147-2006.)

Laskelmien pohjalta laaditaan kohteesta yleispiirustus, joka sisältää tasokuvan, sivukuvan ja poikkileikkauksen. Yleispiirustusta täydentämään laaditaan rakenne- ja detaljipiirustukset. Erillinen työselitys liitetään telinesuunnitelmaan, jos kohteessa ja sen suunnittelussa on asioita, joita ei voi järkevästi esittää piirustuksissa. Tällaisia ovat muun muassa rakentamis- ja pystytysjärjestys, roudan varaan perustaminen ja betonointitapa, jolle teline on suunniteltu. (RIL 147-2006.)



## 2.3 Kuormat

Tukitelineitä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon kaikki kuormitustapaukset, jotka syntyvät työn edetessä. Teline rakenteisiin kohdistuviin epäsymmetrisiin kuormiin esimerkiksi jatkuvien palkkien ja vinotukien yhteydessä tulee kiinnittää erityistä huomiota. (RIL 147-2006.)

Toteuttamisen aikaisia huomioon otettavia kuormia ovat rakentamisesta johtuvat kuormat. Niihin lukeutuvat henkilöistä ja käsityökaluista, tavaran varastoinnista, väliaikaisista laitteista, liikkuvista raskaista laitteista, kasaantuvasta jättemateriaalista sekä eri rakentamisvaiheissa olevista rakenteen osista johtuvat kuormat, kuten esimerkiksi tuoreen betonin omapaino. (SFS-EN 1991-1-6.)

### 2.3.1 Rajatilamenettely

Rajatilamitoituksessa mitoitetaan rakenne tiettyä rajatilaa varten muodostetuilla rakenne- ja kuormitusmalleilla. Malleissa käytetään asianmukaisia mitoitusarvoja kuormille, materiaaliominaisuuksille ja mittatiedoille. Mikään rajatila ei saa näin ollen ylittyä mitoituksessa. (RIL 201-1-2008.)

Yleensä rakenteiden mitoituksessa otetaan huomioon sekä murto- että käyttörajatila. **Murtorajatiloja** ovat rakenteen tai sen osan tasapainon menetys, vaurioituminen, murtuminen tai väsymisen aiheuttama vaurioituminen. Murto-rajatilat liittyvät ihmisten turvallisuuteen tai rakenteen varmuuteen. **Käyttörajatilat** liittyvät rakenteen tai sen osien toimintaan normaalikäytössä, ihmisten mukavuuteen ja kohteen ulkonäköön. Esimerkiksi siirtymät, värähtelyt ja taipumat tarkastellaan käyttörajatilassa. (RIL 201-1-2008.)

### **2.3.2 Kuormat Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan**

Tukitelineen omapaino kuuluu lyhytaikaiseen aikaluokkaan B. Omapainoon sisältyvät telineiden ja muottien paino sekä niihin tukeutuvien työtasojen, kulkuteiden, portaikkojen ja suojakatosten paino. Betonimassan paino on muutuvaa kuormaa ja kuuluu myös aikaluokkaan B. Jos varmistutaan, ettei valetavan betonirakenteen suunnitelman mukainen paksuus ylity olennaisesti valun aikana, sille voidaan käyttää pysyvän kuorman osavarmuuskertoimia. (RakMK B1. 1998.)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa B1 määrittää murtorajatilassa pysyvien kuormien osavarmuuskertoimiksi 1,2 tai 0,9. Osavarmuuskerroin valitaan yhdessä kuormitusyhdistelmien kanssa niin, että saadaan aikaan määräävä vaikutus. (RakMK B1. 1998.)

Yleisiä muuttuvia kuormia ovat hyötykuormat, lumikuormat, tuulikuormat, jääkuormat ja lämpötilakuormat. Lumi- ja tuulikuormille käytetään murtorajatilassa osavarmuuskerrointa 1,6. Mikäli tarkastelussa vaikuttaa vain yksi muuttuva kuorma, joka ei ole lumi- tai tuulikuorma, käytetään tälle kuormalle osavarmuuskerrointa 1,6. Muut muuttuvat kuormat otetaan huomioon kertoimella 0,8. Kyseiset kertoimet eivät ole voimassa onnettomuustilanteissa, esimerkiksi tulipalossa. (RakMK B1. 1998.)

Tukitelineitä ei tarvitse mitoittaa törmäyskuormalle, mikäli liikenteen ja jään törmäykset telineisiin estetään ennakolta asianmukaisin suojauksin ja liikennejärjestelyin. Lumikuormaa ei tarvitse huomioida, jos telineet pidetään puhtaana lumesta. (RIL 147-2006.)

Käyttörajatilassa laskentakuorman osavarmuuskerroin on 1,0 eli voidaan käyttää suoraan kuormien ominaisarvoja. Mikäli muuttuvia kuormia on lumi- tai tuulikuorman lisäksi useampi kuin yksi, näille kuormille annetaan kerroin 0,5. Käytettäessä mitoituksessa sallittujen jännitysten menetelmää määrite-

tään laskentakuorma samalla tavalla kuin käyttörajatilassa. (RakMK B1. 1998.)

Ihmisen painollaan kuormittamat muottirakenteet tarkastetaan yksinään vaikuttavalle, pystysuoralle 1 kN:n pistekuormalle, jonka kuormituspinta-ala on 0,1 m x 0,1 m ja vaikutusaika alle 10 tuntia. Itse valutapahtumasta aiheutuvat kuormitukset otetaan huomioon tasaisella liikkuvalla pintakuormalle, jonka kuormituspinta-ala on 3 m x 3 m ja suuruus vähintään 2 kN/m<sup>2</sup>. Valun aikana muottiin kohdistuvat vaakasykäykset huomioidaan valun yläpinnan tasossa vaikuttavana mielivaltaisen suuntaisena vaakavoimana 1,5 kN. Tuulikuorman mitoitusarvona tukitelineissä käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B1 antamasta tuulen nopeuspaineen arvosta kertoimella 0,75 pienennettyä arvoa. Tuulikuormia laskettaessa huomioidaan rakenneosien muotokertoimet, peräkkäiset rakenneosat, katokset ja peitteet. Jos telineet on peitetty yhdeltä tai useammalta puolelta suojapeitteillä, lasketaan tuulikuorma vastaavan kokoisen rakennuksen seinän muotokertoimella. (RIL147-2006.)

### **2.3.3 Kuormat eurokoodin mukaan**

Eurokoodissakin kuormat luokitellaan ajallisen vaihtelun mukaan pysyviin (G), muuttuviin (Q) ja onnettomuuskuormiin (A). Kuormat luokitellaan myös niiden alkuperän mukaan välittömäksi tai välilliseksi, vaikutuskohdan mukaan kiinteäksi tai liikkuvaksi sekä luonteen tai rakenteen vasteen mukaan staattiseksi tai dynaamiseksi. Standardissa SFS-EN 1991-1-6 taulukossa 2.2 on luokiteltu rakentamisesta johtuvat kuormat. (SFS-EN 1990.)

Rakentamisesta johtuvien kuormien ( $Q_c$ ) määrittelyssä huomioidaan niiden ajasta riippuva vaihtelu. Näitä kuormia voidaan käsitellä joko yksittäisinä muuttuvina kuormina tai erityyppisiä rakentamisesta johtuvia kuormia voidaan yhdistää ja käsitellä yhtenä muuttuvana kuormana, silloin kun se on

tarkoituksenmukaista. Toteuttamisen aikaisissa tilapäisissä mitoitus-tilanteissa käyttörajatilan kuormitusyhdistelmät ovat ominais- ja pitkäaikaisyhdistelmä. (SFS-EN 1991-1-6.)

Puurakenteiden suunnittelussa kuormat luokitellaan aikaluokittain pysyvään, pitkäaikaiseen, keskipitkään, lyhytaikaiseen ja hetkelliseen aikaluokkaan. Keskipitkä aikaluokka vastaa toteuttamisen aikaisten pysyvien kuormien kestoa, 1 viikko–6 kuukautta. (RIL 205-1-2007.) Betonin, muottien ja telinerakenteiden omapaino voidaan luokitella keskipitkään aikaluokkaan. Betonia valettaessa syntyvät kuormat ja pystysuuntaisten muottien valupaine kuuluvat aikaluokkaan hetkellinen.

Toteuttamisen aikaisena tuulen nopeuspaineen modifioimattomana perusarvona voidaan käyttää arvoa 18 m/s. Tuulikuormaa laskettaessa toteuttamisen aikaisille rakenteille puuskanopeuspaineena käytetään 75 % normaalisti vallitsevan mitoitus-tilanteen puuskanopeuspaineesta. Työn keston on oletettu tällöin olevan alle kolme kuukautta. (NA SFS-EN 1991-1-6.)

## **2.4 Puiset tukirakenteet**

Tukitelineen rakenneosat alhaalta ylöspäin ovat telineanturat tai telinepaalut (työsilta), pystytuet, niskat, koolaus, vaaka- ja vinositeet sekä muotti. Puisissa tukitelineissä käytettävän sahatavaran lujuusluokan on oltava vähintään T18. Normaalisti käytetään luokan T24 sahatavaraa. Pyöreälle puutavaralle voidaan käyttää lujuusluokkaa T30. Näiden lujuusluokkien vastaavuudet eurokoodi suunnittelussa ovat lujuusluokat C18 ja C24. Ohjeessa RIL 147-2006 telineiden puutavaran oletetaan kuuluvan kosteusluokkaan 3, paitsi välittömästi veden kanssa tekemisissä olevan materiaalin kosteusluokkaan 4. (RIL 147-2006.)

Eurokoodisuunnittelussa on käytössä käyttöluokkajärjestelmä, joka mahdollistaa määritellyissä ympäristöolosuhteissa syntyvän muodonmuutoksen las-

kemisen ja lujuusarvojen jaottelun. Käyttöluokka 3 vastaa Suomen rakentamismääräyskokoelman kosteusluokkaa 3. (RIL 205-1-2007.)

### **2.4.1 Niskat ja koolaus**

Niskan ja koolauksen mitoituksessa on tärkeää kiinnittää huomiota puun syitä vastaan kohtisuoraan puristusjännitykseen, kisko- tai leimapaineeseen. Kriittisiä paikkoja ovat koolingin ja niskan kosketuskohdat, pystytuen ja niskan kosketuskohdat sekä pystytuen ja aluspuun kosketuskohdat. (RIL 147-2006.)

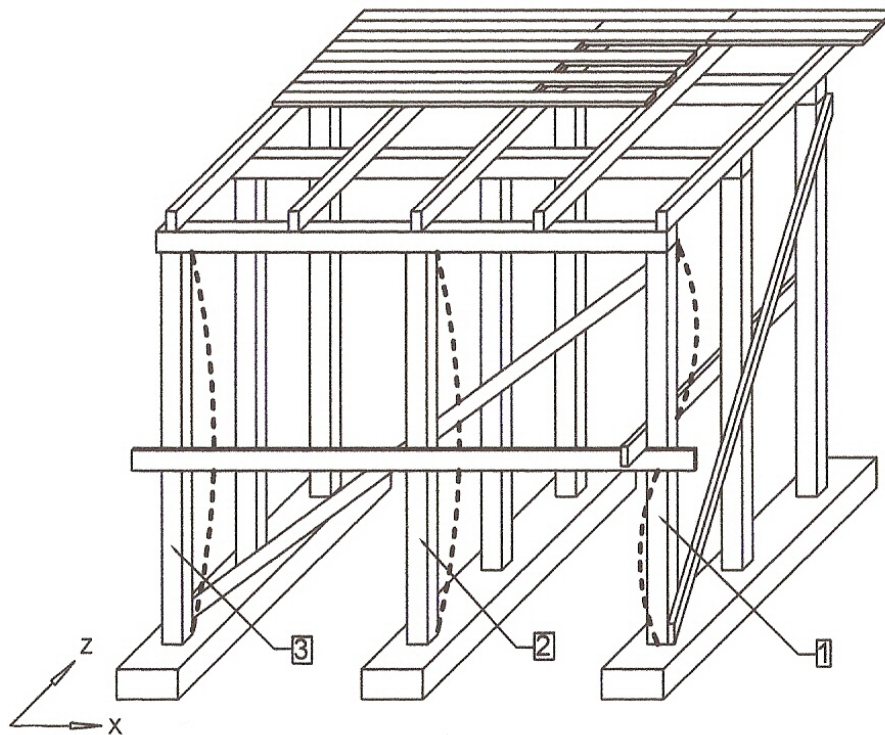
Jos niskaa joudutaan jatkamaan muualla kuin pystytuen kohdalla, liitos on mitoittettava erikseen. Koolauksen jatkokset pyritään myös sijoittamaan tuille, siten että koolinkien päät menevät limittäin tuella. Muussa tapauksessa liitokset mitoitetaan erikseen. (RIL 147-2006.) Jatkosten sijoittamista muualle kuin tukien päälle ei suositella, koska jatkokseen tarvittava naulamäärä muualla muodostuu yleensä melko suureksi ja liitoksen tekeminen oikein on vaativa tehtävä, jota urakkatöissä ei ehkä ehditä tekemään sillä tarkkuudella kuin pitäisi (Noeskoski 2011).

Eurokoodin mukaisessa tukipaineen mitoituksessa käytetään kerrointa  $k_{c,90}$ , joka ottaa huomioon kuorman sijainnin, halkeamismahdollisuuden ja puristuman suuruuden (RIL 205-1-2007).

## 2.4.2 Pysty- ja vinotuet

Pysty- ja vinotukien nurjahduskuormaa määritettäessä on tarkasteltava tuen molemmat suunnat. Tuen nurjahduspituus riippuu sidonnasta ja poikkileikkauksen mitoista. (RIL 147-2006.)

Kuvassa 1 on esitetty telineissä käytettäviä pystytukien tuentatapoja ja niistä riippuvia nurjahduspituuksia. Oletetaan, että tuet ovat poikkileikkaukseltaan neliönmuotoisia. Sauva 1 on sidottu keskeltä molempien sivujen suunnassa, jolloin nurjahduspituus puolittuu. Sauvat 2 ja 3 on tuettu vain x-suunnassa, jolloin z-suunnan nurjahduspituus on sauvan koko pituus. Kuvassa nurjahdustapaukset on esitetty katkoviivalla. (RIL 147-2006.)



KUVA 1. Teline rakenteiden pystytukien tuentatapoja

### 2.4.3 Telineanturat

Tukitelineiden telineanturoina käytetään yleisesti aluspuita, pelkkoja sekä sahatavarasta ja puulevyistä tai yksistään sahatavarasta naulaamalla koottuja laattoja. Mitoituksessa on erityisesti huomioitava pystytuelta telineanturaan tuleva leimapaine. (RIL 147-2006.)

Telineiltä tulevaa kuormaa voidaan tasata maapohjalle myös jäykkien teräsprofiilien avulla. Tällainen profiili on esimerkiksi Larssen-teräspontti. Telineet voidaan perustaa myös paalujen varaan tai tukea pysyviin rakenteisiin. Telinepaalutuksessa käytetään yleisesti puupaaluja joiden latvaläpimitta on suurempi kuin 150 mm. (RIL 147-2006.)

### 2.4.4 Telineen jäykistäminen

Telineen jäykistämiseen käytetään vaaka- ja vinositeitä, jotka yleensä ovat lautaa tai lankkua. Jokainen pituus- ja poikittaissuuntainen tukijono tulee jäykistää erikseen. Jäykistämistarve pienenee, mikäli rakenne tuetaan valmiisiin rakenteisiin. (RIL 147-2006.) Käytännössä tätä ei kuitenkaan huomioida vinositeiden mitoituksessa, vaan sillä saadaan telinerakenteisiin lisävarmuutta (Noeskoski 2011). Vinositeiden suurin hyöty saavutetaan asentamalla ne kulkemaan suoraviivaisesti 45°:n kulmassa mahdollisimman läheltä vaakasiteiden ja pystytukien liitoskohtia suoraan tukevaan kiinnityskohtaan. (RIL 147-2006). Käytännössä vaaka- ja vinositeet naulataan eripuolille pystytukea työn helpottamiseksi. Jos materiaalina käytetään lautaa, voidaan hyväksyä päällekkäin olevat vaaka- ja vinositeet, kunhan huolehditaan riittävän pitkistä nauloista liitoksissa. Ylimpänä olevan poikittaisen vaakasiteen ja tolpan yläpään välinen etäisyys ei saa olla enempää kuin 500 mm. (Siltojen tukitelineet - 2007. 2008.)

Vaaka- ja vinositeet sekä niiden liitokset mitoitetaan niitä rasittaville ulkoisille kuormille. Kuitenkin niin, että mitoituskuorma on vähintään yksi sadasosa kyseisen pystytuen normaalivoiman laskenta-arvosta ja suunta kohtisuoraan pystytuen pituusakseliin nähden. Paalutetuissa telineissä vastaava arvo on kaksi sadasosaa. (Siltojen tukitelineet - 2007. 2008.) Eurokoodisuunnittelussa naulaliitokset suunnitellaan standardin SFS 1995 1-1 ja sitä opastavan ohjeen RIL 205-1-2009 mukaan.

Valmiin telineen tulee olla niin jäykkä, etteivät sitä rasittavat vaaka- ja pystyvoimat ja telineiden muodonmuutokset yhteensä aiheuta telineelle suurempaa lisäkallistusta kuin 10 % ohjeessa RIL 147-2006 kohdassa 2.4.7 sallitusta kaltevuusvirheen arvosta. Mikäli lisäkallistus on suurempi kuin 10 % sallitusta arvosta, siitä aiheutuu telineelle lisää vaakakuormitusta. Tässä tapauksessa tulee laskea telineen lopullinen kallistuma ja sitä vastaavat voimat tarkemmin. (RIL 147-2006.)

## **2.5 Työturvallisuus**

Lainsäädäntö edellyttää, että työpaikan vaarat selvitetään ja ne poistetaan heti, jos vain mahdollista. Niiden vaarojen osalta, joita ei ole mahdollista poistaa, tulee arvioida vaarojen merkitys työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden kannalta. Vaarojen selvittäminen ei ole kertaluontoinen toimenpide, vaan se on osa jatkuvaa toimintaa työmaalla. (RIL 147-2006.)

Työturvallisuuden toteutuminen käytännössä on jokaisen paikalla olevan vastuulla. Työmaakokouksissa ja urakoitsijapalavereissa on syytä käsitellä turvallisuuteen liittyviä asioita, kuten turvallisuussuunnitelmat, urakoitsijoiden vastuu alueet, työmaa-alueen käyttö, työkohteiden järjestys, työtelineet ja putoamissuojaus, henkilökohtaiset suojaimet, palontorjunta tapaturmat ja vaaratilanteet. (RIL 147-2006.)



Rakennuttajan on huolehdittava siitä, että hanketta suunniteltaessa ja valmisteltaessa otetaan huomioon työn toteuttaminen siten, että se on mahdollista tehdä turvallisesti. Rakennuttajan tehtävä on myös selvittää jokaisen kohteen ominaisuuksista ja luonteesta johtuvat vaarat sekä haittatekijät ja esittää ne kirjallisesti turvallisuusasiakirjassa. Myös kirjalliset menettelyohjeet vaarojen hallintaan on tehtävä. Rakennuttajan tulee varmistaa, että päätoimeksiantaja tekee rakennustöiden turvallisuutta koskevat suunnitelmat sekä rakennustyömaa-alueen käytön suunnitelmat lain edellyttämällä tavalla, sekä valvoa, että niitä noudatetaan. (RIL 147-2006.)

Tukitelineen suunnittelutoimeksiannon antajan on edellytettävä, että suunnittelija ottaa huomioon rakennustyön toteuttamisen ja turvallisuuden suunnittelussa. Suunnittelijan tulee sisällyttää kaikki suunnitteluohjeessa määritellyt tiedot suunnitelmiin. Näitä ovat muun muassa putoamissuojaukset, purkutyön turvallisuus, jos ne ovat oleellisia kohteessa. (RIL 147-2006.)

Valtioneuvosto on antanut sosiaali- ja terveysministeriön esittelystä uuden asetuksen rakennustyön turvallisuudesta 26. maaliskuuta 2009. Asetuksella on yhdistetty elementtirakentamisen työturvallisuutta ja rakennustyön turvallisuutta koskevat asetukset. Uuteen asetukseen on yhdistetty myös määräykset työtelineiden ja putoamisen estävien suojalaitteiden käytöstä rakennustyössä. Uutena veloitteena on määrätty jokaiselle rakennustyömaalle pakolliseksi rakennuttajan nimeämä rakennushankkeen turvallisuuskoordinaattori. (Sosiaali- ja terveysministeriön tiedote 105/2009.)

Työtelineiden ja –tasojen osalta on otettava huomioon seuraavaa:

- Sellaisten työtasojen ja kulkuteiden vapailla sivuilla, joilta voidaan pudota kahta metriä korkeammalta, sekä muulloinkin, milloin on olemassa erityinen tapaturman tai hukkumisen vaara, on oltava suojakaiteet tai muut suojarakenteet.

- Tehtäessä valutöitä yli 2 metrin korkeudella siirrettävän muotin yläreunasta, valua varten on järjestettävä kaitein suojattu työtaso.
- Kaiteen korkeuden on oltava vähintään 1 metri ja kaiteissa on oltava jalkalista.
- Työskentelytasojen mitoituksen on vastattava työn luonnetta ja siihen kohdistuvia rasituksia sekä mahdollistettava työskentely ja liikkuminen turvallisesti.
- Sääolot eivät saa vaarantaa työntekijän turvallisuutta.
- Telineiden suurin sallittu kuorma on ilmoitettava telineitä käyttäville esimerkiksi telinekortilla tai muulla vastaavalla tavalla.
- Työtelineestä on laadittava käyttösuunnitelma, jos työtelineellä suuren korkeutensa tai kokonsa, vaaraa aiheuttavan sijaintinsa, erityisen käyttötarkoituksensa tai muun vastaavan tekijän vuoksi on olennainen vaikutus työmaa-alueen käyttöön.
- Työtelineen pystytys- ja purkujärjestyksen suunnittelulla tai muilla keinoin on huolehdittava, ettei työntekijällä ole putoamisvaaraa telineiden rakennusvaiheessa.
- Työtelineen saa rakentaa paikalla vain sellaisista materiaaleista, joiden lujuus- ja ainesominaisuudet ovat työmaalla tiedossa ja joista voidaan tehdä turvallinen työteline. (Valtioneuvoston asetus 205/2009.)

Laki määrää, että suojakaiteen käsijohde ja kaidepylväät on mitoitettava kestämään ilman pysyviä muodonmuutoksia putoamista estävässä suunnassa epäedullisimmin sijoitettu 1,0 kN:n suuruinen pistekuorma. Välijohteen ja jalkalistan vastaava mitoitusarvo on 0,5 kN. Kyseisten pistekuormien rakennesaassa aiheuttama taipuma tai siirtymä saa olla enintään 100 mm. (Valtioneuvoston asetus 205/2009.)

## 2.6 Telineiden tarkastukset ja valvonta

Rakennuttajan ja rakentajan vastuunalaiset tai heidän määräämänsä henkilöt suorittavat telineille aina materiaalien tarkastuksen ja käyttöönottotarkastuksen. Mikäli työntekijät haluavat valita keskuudestaan edustajan tarkastuksiin, tälle on varattava mahdollisuus osallistumiseen. Materiaalien tarkastus tehdään ennen telineen rakentamista. Käyttöönottotarkastuksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota tuki- ja suojarakenteisiin. Perustusolosuhteiltaan hyvin vaativissa kohteissa geotekninen asiantuntija suorittaa myös erillisen perustustarkastuksen. Tällöin tarkastuksessa tulee olla mukana myös lopullisen telinesuunnitelman laatija. (RIL 147-2006.)

Tarkastuksissa mahdollisesti havaitut puutteet ja huomautukset sekä korjaustoimenpiteiden määrääjat merkitään työmaapäiväkirjaan. Teline tarkastetaan uudelleen korjatuilta osin. Mikäli alkuperäisestä hyväksytystä telinesuunnitelmasta on poikettu, tarvitaan rakennuttajan ja telinesuunnittelijan hyväksyminen työn jatkamiseksi. (RIL 147-2006.)

Telineiden ollessa kovassa tuulessa, voimakkaassa sateessa tai muussa erityisessä rasituksessa tai käyttämättöminä olosuhteisiin nähden pitkän aikaa, käyttöönottotarkastus on uusittava. Telineerakenteiden kunto on tarkastettava säännöllisesti vähintään kerran viikossa pidettävässä kunnossapitotarkastuksessa. (Valtioneuvoston asetus 205/2009.)

Vastaavalla työnjohtajalla tulee olla riittävä tieto ja kokemus telinetöihin liittyen. Työmaanjohtajan toimiin kuuluu valvoa, että telineet rakennetaan ja niitä käytetään hyväksytyn telinesuunnitelman mukaisesti, rakennustyö suoritetaan turvallisesti sekä etteivät sääolot pääse vaikuttamaan telineperustuksiin tai itse telineisiin. Mikäli valmiin rakenteen rakennustyön aikana havaitaan telineissä tavallisuudesta poikkeavia seikkoja, työ keskeytetään siihen asti, kunnes varmistaudutaan siitä, että se voi jatkua turvallisesti. Vioista ja epäilyttävistä seikoista tulee aina ilmoittaa telinesuunnittelijalle ja rakennuttajalle. (RIL 147-2006.)

### 3 TUTKITUT SILTAKOhteET

Tässä työssä tutkitun telinesuunnitteluprosessin vertailukohteiksi valittiin kaksi, paitsi poikkileikkaukseltaan myös telineratkaisuiltaan toisistaan eroavaa siltaa. Toinen silloista on jännitetty palkkisilta, jonka telineet on perustettu telinepaalutuksen varaan, lisäksi telineissä on neljä liikenneaukkoa. Toinen kohteista on jatkuva ulokelaattasilta, jonka telineet on perustettu maanvaraisesti. Tässä kohteessa ei ole liikenneaukkoja.

#### 3.1 Perustiedot ja geometria

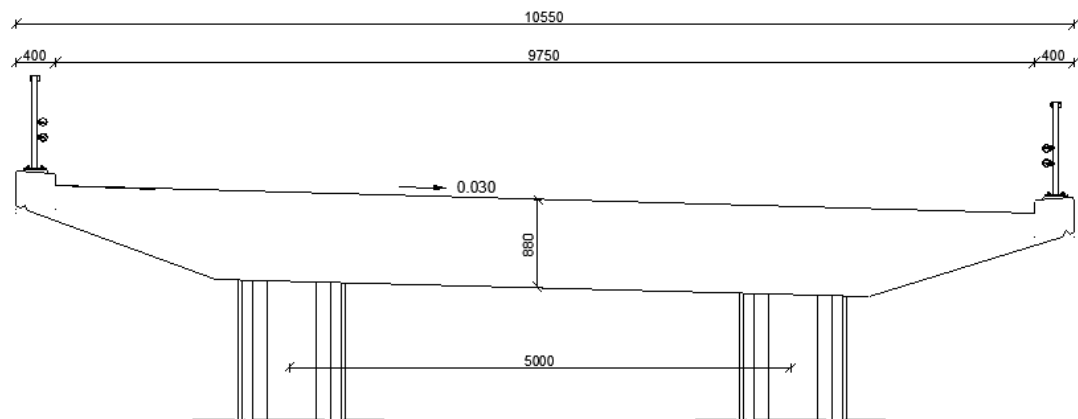
Myllykallion itäinen risteyssilta on Espoossa kehä I-tiellä sijaitseva teräsbetoninen jatkuva ulokelaattasilta, jonka pisin jännemitta on 18 metriä. Sillan kokonaispituus on 55,3 metriä ja sen vaakageometria on suora. Lännen puoleisessa osassa sillan pystygeometria on laskeva kaltevuudella 0,012 ja idän puoleinen osa on kupera säteellä 4 000 m. (S17 Raksel. 2009)

Kauppalantien ylikulkukäytävä on Helsingissä Hakamäentiellä sijaitseva jännitetty jatkuva palkkisilta. Silta on vaakageometrialtaan suora ja pystygeometria on koko matkalta kupera. Maatuet on perustettu teräsbetonisille lyöntipaaluille ja välituet teräspalkkipaaluille. Sillan pisin jännemitta on 21 metriä ja kokonaispituus 126,4 metriä.

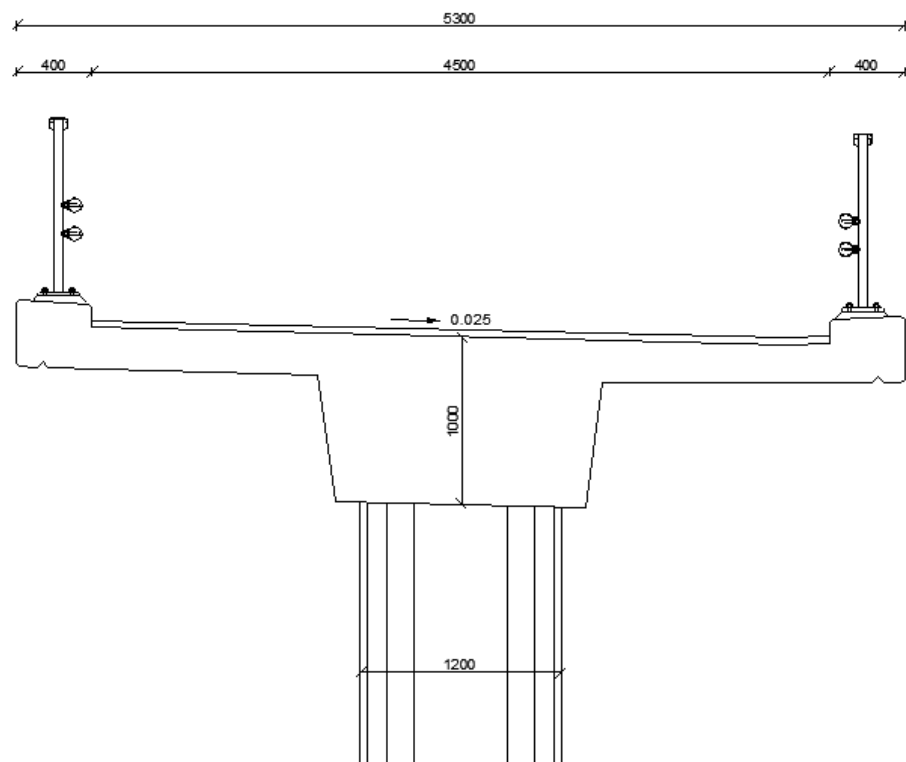
### 3.2 Poikkileikkaukset

Tutkituissa kohteissa siltojen geometria ja poikkileikkaukset eroavat toisistaan. Kuvassa 2 näkyy Myllykallion jatkuvan ulokelaattasillan poikkileikkaus ja kuvassa 3 Kauppalantien jännitetyn jatkuvan palkkisillan poikkileikkaus.

*KUVA 2. Myllykallion RS*



*KUVA 3. Kauppalantien YKK*



## 4 SUUNNITTELUN TULOSTEN VERTAILU

Liitteessä 1 on kerrottu eurokoodimitoituksessa käytettyjen merkkien selitykset. Kuormayhdistelmiä laskettaessa liitteen 2 kaavojen mukaan tarkasteltiin ensin sillan betonointia edeltävä tilanne ottaen huomioon valua edeltävien töiden tekijöistä sekä tavarán varastoinnista aiheutuvat kuormat. Toisena kuormayhdistelmänä tarkasteltiin betonoinnin aikainen tilanne, jossa vaikuttavat muiden kuormien lisäksi tuoreen betonin aiheuttama kuormitus. Viimeisenä tarkasteltiin valun jälkeinen kuormitustilanne. Molemmissa tutkituissa kohteissa eurokoodin mukaista rakenneosien kestävyyttä laskettaessa määräävä murtorajatilán kuormitusyhdistelmä saatiin pysyvien kuormien kuormitusyhdistelmästä.

Leikkausmitoituksessa eurokoodin mukainen laskenta johti niskojen osalta suurempiin käyttöasteisiin, kun taas kansilaatan koolauksessa käyttöasteet olivat pienemmät verrattuna rakentamismääräyskokoelmaan. Eurokoodin keskipitkässä aikaluokassa laskettuna niskojen leikkauskestävyys ylittyi molemmissa kohteissa.

Taivutusmitoituksessa hetkellisessä aikaluokassa eurokoodi antoi kaikissa mitoitetuissa rakenneosissa pienemmän käyttöasteen kuin rakentamismääräyskokoelma. Keskipitkässä aikaluokassa taivutusmitoituksen käyttöasteet taas olivat suuremmat eurokoodin mukaisessa mitoituksessa.

Leimapaineet tulivat eurokoodin mukaisessa mitoituksessa 30–40 % suuremmiksi molemmissa tutkituissa kohteissa. Tästä huolimatta rakenneosien kokoonpuristumat olivat noin 60 % pienemmät kuin rakentamismääräyskoelman mukaisessa tarkastelussa.

## 4.1 Myllykallion risteyssilta

Liitteessä 3 esitetyissä Myllykallion risteyssillan telineiden eurokoodin mukaisessa mitoituksessa selkeimmät eroavaisuudet rakentamismääräyskokoelmaan tulivat leimapaineissa ja kokoonpuristumisissa sekä vinositeiden mitoituksessa. Eurokoodin mukaiset leimapaineet olivat noin 30 % suuremmat verrattuna rakentamismääräyskokoelman mukaisiin arvoihin. Rakenneosien kokoonpuristumat olivat kuitenkin liitteen 5 RakMK:n mukaisessa mitoituksessa jopa 80 % suuremmat, mikä tarkoittaa tässä tapauksessa keskimäärin 1 mm:n eroa.

Telineiden jäykistysmitoituksessa sillanpituussuuntaisten vinositeiden nurjahduskestävyys ylittyi 22 % ja poikkisuuntaistenkin vinositeiden kestävyys 7 %. Tämä johtunee suureksi osaksi siitä, että eurokoodin toteuttamisen aikaisista pystykuormista otetaan huomioon 3 % laskettaessa niiden epäkeskisyyden aiheuttamaa vaakakuormaa. Vastaava osuus rakentamismääräyskokoelmassa on 1,1 %. Taulukkoon 1 on koottu Myllykallion risteyssillan telinerakenteiden mitoituksessa ilmenneet pääasialliset erot rakentamismääräyskokoelman ja eurokoodin mukaisten mitoitustulosten välillä. Taulukossa suuremmat arvot on korostettu tummennetulla pohjalla.

**TAULUKKO 1. Myllykallion RS - telinerakenteiden mitoitus eurokoodeilla ja rakentamismääräyskokoelmalla**

<b>Leimapaineet[N/mm<sup>2</sup>]</b>	EUROKODI	RAKMK	ERO [%]
koolaus/niskat	1,951	1,45	34,6
niskat/tolpat	3,048	2,26	34,9
tolpat/pelkat	3,048	2,26	34,9
tolpat h=5500mm	3,048	2,26	34,9
			KA 34,8
<b>Kokoonpuristumat [mm]</b>			
koolaus/niskat	1,186	2,32	95,6
niskat/tolpat	1,03	2,02	96,1
tolpat/pelkat	1,236	2,42	95,8
tolpat h=5500mm	1,524	2,39	56,8
			KA 86,1
<b>Tuulikuormat [kN/m]</b>			
kannen muotti	0,606	0,79	30,4
telineet	3,926	2,89	35,8
<b><u>Leikkausmitoitus KA [%]</u></b>			
KANSILAATTA			
hetkellinen	71,324	97,6	
keskipitkä	73,0	96,6	
NISKAT			
hetkellinen	79,3	75,8	
keskipitkä	109,8	79,3	
LAATTAULOKKEET			
hetkellinen	71,2	94	
keskipitkä	91,5	93	
<b><u>Taivutusmitoitus KA [%]</u></b>			
KANSILAATTA			
hetkellinen	44,3	74,3	
keskipitkä	99,1	89,2	
NISKAT			
hetkellinen	68,9	77,9	
keskipitkä	95,5	81,5	
LAATTAULOKKEET			
hetkellinen	48,7	61	
keskipitkä	55,7	60	



## 4.2 Kauppalantien ylikulkukäytävä

Liitteessä 4 esitetyssä Kauppalantien ylikulkukäytävän telinerakenteiden mitoituksessa leimapaineet tulivat eurokoodin mukaan noin 40 % suuremmiksi ja kokoonpuristumat noin 60 % pienemmiksi kuin liitteen 6 rakentamismääräyskokoelman mukaisessa mitoituksessa. Leimapaineiden suuruuteen vaikuttaa osaltaan eurokoodin kuormitusyhdistelmien antama suurempi mitoitustuorma.

Poiketen Myllykallion risteyssillan telineistä, tämän palkkisillan telineissä on 4 liikenneaukkoa. Telineiden jäykistysmitoitus eurokoodin mukaan ei tässä kohteessa ylittänyt rakenneosien kestävyyskäyviä vaikka sillan kannen muotin tuulikuormat tulivat noin 30 % suuremmiksi kuin rakentamismääräyskokoelman mukaisissa laskelmissa. Myös itse telinerakenteisiin vaikuttava tuulikuorma tuli noin 25 % suuremmaksi eurokoodin mukaan.

Leikkaus- ja taivutusmitoitusten tulokset eroavat toisistaan rakenneosittain sekä aikalukittain. Taulukkoon 2 on koottu Kauppalantien ylikulkukäytävän telinerakenteiden mitoitustulosten erot pääkohdittain. Taulukossa suuremmat arvot on korostettu tummennetulla pohjalla.

**TAULUKKO 2. Kauppalantien YKK - telinerakenteiden mitoitus eurokoodeilla ja rakentamismääräyskokoelmalla**

<b>Leimapaineet [N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>EUROKODI</b>	<b>RAKMK</b>	<b>ERO[%]</b>
koolaus/niskat	0,922	0,68	35,6
niskat/tolpat	2,882	2,00	44,1
tolpat/pelkat	2,822	2,00	41,1
tolpat h=5500mm	2,822	2,00	41,1
			KA 40,5
<b>Kokoonpuristumat [mm]</b>			
koolaus/niskat	0,841	1,1	30,8
niskat/tolpat	0,974	1,79	83,8
tolpat/pelkat	1,168	2,15	84,1
tolpat h=5000mm	1,31	1,93	47,3
			KA 61,5
<b>Tuulikuormat [kN/m]</b>			
muotti, puutelineosa	0,892	0,7	27,4
muotti, katuaukot	1,084	0,8	35,5
muotti,kl-aukot	0,929	0,72	29,0
puutelineosa	2,436	1,88	29,6
katuaukon pielet	3,955	3,37	17,4
kl-aukon pielet	3,116	2,62	18,9
			KA 26,3
<b><u>Leikkausmitoitus KA [%]</u></b>			
KANSILAATTA			
hetkellinen	47,7	76	
keskipitkä	28,8	55,5	
NISKAT			
hetkellinen	75,1	70,8	
keskipitkä	104,0	70,2	
LAATTAULOCKKEET			
hetkellinen	51,2	84	
keskipitkä	50,4	51	
<b><u>Taivutusmitoitus KA [%]</u></b>			
KANSILAATTA			
hetkellinen	22,7	38,0	
keskipitkä	48,7	43,9	
NISKAT			
hetkellinen	65,1	72,7	
keskipitkä	90,1	72,1	
LAATTAULOCKKEET			
hetkellinen	33,2	42,0	
keskipitkä	32,5	35,0	

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA EHDOTETUT JATKOTOIMENPITEET

Siltojen telineiden vertailulaskelmat pyrittiin tekemään tarkasti samoja laskentamalleja ja periaatteita noudattaen kuin rakentamismääräyskokoelman mukaiset laskelmat on tehty, jotta itse suunnittelustandardien väliset mahdolliset erot saataisiin selkeästi esiin. Liitteessä 7 olevat telinepiirustukset selvittävät mitoitettavien rakenneosien sijaintia ja laskentamalleja. Tulokset olivat suurelta osin yhteneväisiä mutta erojakin löytyi. Osa havaituista eroista oli siltakohtaisia, osa selkeästi suunnittelustandardien välisiä eroja.

Eurokoodin mukainen keskipitkä aikaluokka vastaa hyvin todellista tilannetta tavanomaisen sillan telinerakenteiden pysyvien kuormien osalta. Keskipitkässä aikaluokassa kuormien kesto, 1 viikko-6 kuukautta, vastaa aikaa, jolla välillä silta yleensä rakennetaan. Lyhytaikainen aikaluokka voisi tulla kysymykseen joidenkin tavarantoiminnan varastoinnista aiheutuvien kuormien osalta. Betonoinnista aiheutuvat kuormat kuuluvat kestoensa perusteella aikaluokkaan hetkellinen. Muita tavanomaisia hetkellisen aikaluokan kuormia ovat tuulikuormat ja onnettomuuskuormat. Telinerakenteita suunniteltaessa ei kuitenkaan huomioida onnettomuuskuormia.

Eurokoodin mukaisessa laskennassa leimapaineet tulivat molempien kohteiden telineissä suuremmiksi, mutta kokoonpuristumat jäivät pienemmiksi kuin rakentamismääräyskokoelman mukaisessa mitoituksessa. Tämä selittynee sillä, että ohje RIL120-2004 olettaa puun kimmomoduulin huomattavasti pienemmäksi kuin ohje RIL 205-1-2007. Tarkasteltaessa viruman vaikutusta telinerakenteissa eurokoodin mukaan tulee huomioida toteuttamisen aikaisten kuormien kesto EN-1991-1-6 mukaisella muuttuvan kuorman pitkäaikaisarvon yhdistelykertoimella  $\Psi_2$ .

Tuulikuormien laskenta telinerakenteille standardin EN 1991-1-4 mukaan on hieman työlästä lukuisien kertoimien ja oletusarvojen takia. Kyseinen stan-

dardi ei myöskään käsittele telinerakenteisiin kohdistuvaa tuulikuormaa laskettaessa peräkkäisten rakenneosien vaikutusta. Tuulikuormien laskentaan telinerakenteille olisi suotavaa saada yksinkertaisempi menettelytapa.

Vaakakuormien laskennassa huomioidaan eurokoodissa tuulikuorman ja betonoinnista johtuvan vaakakuorman lisäksi pystykuormien epäkeskisyydestä aiheutuvat ekvivalentit vaakakuormat suuremmalla kertoimella kuin rakentamismääräyskokoelmassa. Tämä yhdessä suuremman tuulikuorman kanssa aiheuttaa telinerakenteiden vinojäykisteille suuremmat rasitukset.

Standardi EN 1997-1 ei sovellu telineperustusten mitoitukseen, sillä perustamissyvyys ja telineanturoiden koko eivät vastaa oletettuja minimiarvoja. Tässä työssä telineperustukset on mitoitettu julkaisun Siltojen tukitelineet - 2007 mukaan käyttäen kuitenkin standardin EN 1991-1-6 mukaan laskettuja kuormituksia.

Teline rakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaisena rajatilamitoituksena on yksityiskohtaisempaa verrattuna rakentamismääräyskokoelman mukaiseen sallittujen jännitysten menetelmään ja vie näin ollen enemmän aikaa ja resursseja. Tarkemman mitoituksen tuloksena muutamien yksittäisten rakenneosien, kuten vinojäykisteiden, mitoituskestävyyttä joudutaan lisäämään kasvattamalla niiden poikkileikkausta tai lisäämällä määrää. Erot ovat kuitenkin pieniä, joten ne tuskin vaikuttavat merkittävästi telineiden rakennus- ja suunnittelukustannuksiin.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla eroja eurokoodiin ja rakentamismääräyskokoelmaan perustuvan mitoituksen välillä suunniteltaessa siltojen telinerakenteita. Tarkoituksena oli selvittää aikaluokkien vaikutusta mitoitus tuloksiin, eurokoodiin perustuvan mitoituksen vaikutuksia kustannuksiin ja rakenteiden varmuuden muutosta eri menetelmien välillä.

Työn alkuvaiheet olivat asian mukaisiin suunnittelustandardeihin perehtymistä ja työssä tarvittavien lähteiden etsimistä. Sitten käytiin läpi vertailtavien siltojen rakentamismääräyskokoelman mukaiset telinesuunnitelmat. Laskentavaiheen alussa vaikeinta oli löytää oikeat kuormitusyhdistelmät vastaamaan toteuttamisen aikaista tilannetta mahdollisimman tarkasti. Molempien tutkittujen kohteiden määräävä kuormitustapaus rakenneosien kestävyysmitoitukseen löytyi lopulta pysyvien kuormien yhdistelmästä, vaikka betonoinnin aikainen kuormien yhdistely tuotti lähes yhtä suuren kuormituksen. Myllykallion risteyssillan osalta eroa oli vain noin  $1 \text{ kN/m}^2$ .

Tuulikuormien laskenta eurokoodimitoituksessa osoittautui odotetusti melko monimutkaiseksi toimenpiteeksi, mutta laskennan läpivienti sujui ilman suurempia ongelmia. Ensimmäisen sillan osalta siihen kului runsaasti aikaa mutta toisessa vertailukohteessa laskenta sujui jo paremmin. Tuulikuormien eurokoodin mukaiset mitoitusarvot olivat yhtä kohtaa lukuun ottamatta suurempia kuin rakentamismääräyskokoelman mukaiset vastaavat arvot. Taulukosta 1 selviää, että poikkeus on Myllykallion risteyssillan kannen muotin tuulikuormassa, mutta eroa on siinäkin vain noin  $0,2 \text{ kN/m}$ .

## LÄHTEET

B1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1998. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Geotekninen suunnittelu. RIL 207-2009. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Geotekninen suunnittelu. SFS-EN 1997-1 EUROKOODI 7. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.

Käkönen, Tapio 2011. Telinesuunnittelija, TAK-PLAN KY. Puhelinkeskustelu 28.2.2011.

Lyöntipaalutusohje LPO-2005, teräsbetoni- ja puupaalut. RIL 223-2005. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Noeskoski, Juha 2010. Re: Opinnäytetyön teoriaosio  
Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Mikko Hartikka. 10.12.2010.

Noeskoski, Juha 2011. Re: Siltojen telinesuunnittelu EC:llä  
Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Mikko Hartikka. 8.3.2011.

Puurakenteiden suunnitteluohjeet. RIL 120-2004. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Puurakenteiden suunnitteluohje. RIL 205-1-2007 EN 1995-1-1 Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Rakenteiden kuormitusohjeet. RIL 144-2002. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Rakenteiden suunnitteluperusteet. SFS-EN 1990 EUROKOODI. Helsinki:  
Suomen standardisoimisliitto SFS.

S17 Raksel. 2009. Myllykallion risteys sillan rakennussuunnitelmaselostus.  
Insinööritoimisto Ponvia Oy.

Siltojen tukitelineet - 2007. 2008. Helsinki: Tiehallinto.

Sosiaali- ja terveysministeriön tiedote 105/2009 26.3.2009.

Saatavissa: <http://www.stm.fi/tiedotteet/tiedote/view/1400607>.

Hakupäivä 15.11.2010.

Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. RIL 201-1-2008. Helsinki:  
Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Tukitelineet ja muotit. RIL 147-2006 Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien  
Liitto RIL ry.

Tuotetiedot. Spundwand Oy.

Saatavissa: <http://www.spundwand.de/e/seiten/lieferpro/profile/larssen.htm>.

Hakupäivä 29.1.2011.

Valtioneuvoston asetus 205/2009. Helsinki 26.3.2009.

Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>.

Hakupäivä 15.11.2010.

Yleiset kuormat. Toteuttamisen aikaiset kuormat. NA SFS-EN 1991-1-6 EU-  
ROKOODI. Helsinki: Ympäristöministeriön kansallinen liite. 5.11.2010.

Yleiset kuormat. Toteuttamisen aikaiset kuormat. SFS-EN 1991-1-6 EURO-  
KOODI. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.

## **LIITTEET**

Liite 1. Laskennassa käytettävät merkinnät

Liite 2. Laskentakaavat

Liite 3. Myllykallion risteyssillan eurokoodilaskelmat

Liite 4. Kauppalantien ylikulkukäytävän eurokoodilaskelmat

Liite 5. Myllykallion risteyssillan RakMK-laskelmat

Liite 6. Kauppalantien ylikulkukäytävän RakMK-laskelmat

Liite 7. Siltojen telinepiirustukset



**Latinalaiset isot kirjaimet**

$A$	Poikkileikkauksen ala
$E_{0,05}$	Viiden prosentin (alempaa) fraktiilia vastaava kimmokertoimen arvo
$E_{\text{mean}}$	Kimmokertoimen keskiarvo
$F$	Voima
$F_d$	Voiman mitoitusarvo
$G_{0,05}$	Liukukertoimen viiden prosentin (alempaa) fraktiilia vastaava arvo
$G_{\text{mean}}$	Liukukertoimen keskiarvo
$I_z$	Jäyhyysmomentti heikomman akselin suhteen
$M_d$	Momentin mitoitusarvo
$N$	Normaalivoima
$R_d$	Kestävyyden mitoitusarvo
$R_k$	Kestävyyden ominaisarvo
$V$	Leikkausvoima
$W_y$	Taivutusvastus y-akselin suhteen
$X_d$	Kestävyyssominaisuuden mitoitusarvo
$X_k$	Kestävyyssominaisuuden ominaisarvo

**Latinalaiset pienet kirjaimet**

$a$	Etäisyys
$b$	Leveys
$f_{c,0,d}$	Puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaisessa puristuksessa
$f_{c,90,k}$	Syysuuntaa vastaan kohtisuoran puristuslujuuden ominaisarvo
$f_{m,k}$	Taivutuslujuuden ominaisarvo
$f_{m,y,d}$	Taivutuslujuuden mitoitusarvo taivutuksessa pääakselin y suhteen

$f_{m,z,d}$	Taivutuslujuuden mitoitusarvo taivutuksessa pääakselin z suhteen
$f_{t,0,d}$	Vetolujuuden mitoitusarvo syysuuntaisessa vedossa
$f_{t,0,k}$	Vetolujuuden ominaisarvo syysuuntaisessa vedossa
$f_{t,90,d}$	Vetolujuuden mitoitusarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa vedossa
$f_{v,d}$	Leikkauslujuuden mitoitusarvo
$h$	Poikkileikkauksen korkeus; vedetyllä sauvalla poikkileikkausmitoista suurempi
$k_c$	Epälineaarisuuskerroin
$k_{d_{ef}}$	Virumaluku
$k_h$	Poikkileikkausmitoista riippuva kerroin
$k_{mod}$	Muunnoskerroin, joka huomioi kuorman keston ja kosteuspitoisuuden
$k_r$	Lujuuden pienennyskerroin
$k_{sys}$	Kuorman jakoluku
$k_y$ tai $k_z$	Epälineaarisuuteen liittyviä apusuureita
$l_{ef}$	Tehollinen pituus; poikittaiskuorman tehollinen jakautumispituus
$n$	Liittimien määrä
$p_d$	Jakautunut kuorma
$t$	Paksuus
$u_{inst}$	Hetkellinen muodonmuutos
$u_{inst,g}$	Pysyvän kuorman G aiheuttama hetkellinen muodonmuutos
$u_{inst,q}$	muuttuvan kuorman Q aiheuttama hetkellinen muodonmuutos
$w_{fin}$	Lopputilan taipuma
$w_{inst}$	Hetkellinen taipuma

**Kreikkalaiset pienet kirjaimet**

$\beta_c$	Suoruukskerroin
$\gamma_M$	Materiaaliominaisuuden osavarmuusluku
$\lambda_y$	Hoikkuusluku, joka vastaa taivutusta y-akselin suhteen
$\lambda_z$	Hoikkuusluku, joka vastaa taivutusta z-akselin suhteen
$\lambda_{rel}$	Suhteellinen hoikkuus
$\rho_k$	Tiheyden ominaisarvo
$\rho_{mean}$	Keskimääräinen tiheys
$\sigma_{c,0,d}$	Syysuuntaisen puristusjännityksen mitoitusarvo
$\sigma_{c,90,d}$	Syysuuntaa vastaan kohtisuoran puristusjännityksen mitoitusarvo
$\sigma_{m,y,d}$	Taivutusjännityksen mitoitusarvo y-akselin suhteen tapahtuvassa taivutuksessa
$\sigma_{t,0,d}$	Syysuuntaisen vetojännityksen mitoitusarvo
$\tau_d$	Leikkausjännityksen mitoitusarvo
$\psi_0$	Muuttuvan kuorman yhdistelykerroin (ominaisyhdistelmässä)
$\psi_2$	Muuttuvan kuorman pitkäaikaisarvon yhdistelykerroin

Rakenneosien kestävyyttä laskettaessa murtorajatilan kuormitus lasketaan kaavalla 1

$$1.15 \cdot K_{fi} \cdot \Sigma G_{k,j} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot Q_{k,1} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot Q_{k,2} \quad \text{KAAVA 1}$$

Rakenneosien kestävyyttä laskettaessa murtorajatilan vähimmäiskuormitus lasketaan kaavalla 2

$$1.35 \cdot K_{fi} \cdot \Sigma G_{k,j} \quad \text{KAAVA 2}$$

Rakenneosan taivutuskestävyys lasketaan kaavalla 3

$$f_{m,y,d} := \frac{k_{mod} \cdot k_h \cdot k_{sys} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} \quad \text{KAAVA 3}$$

Rakenneosan taivutusjännitys lasketaan kaavalla 4

$$\sigma_{m,y,d} := \frac{M_{Ed}}{W} \quad \text{KAAVA 4}$$

Rakenneosan leikkauskestävyys lasketaan kaavalla 5

$$f_{v,d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} \quad \text{KAAVA 5}$$

Rakenneosan leikkausjännitys lasketaan kaavalla 6

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{A} \quad \text{KAAVA 6}$$

Rakenneosan syysuuntaa vastaan kohtisuora puristuslujuus lasketaan kaavalla 7

$$f_{c,90,d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} \quad \text{KAAVA 7}$$

Rakenneosan syysuuntaa vastaan kohtisuora puristusjännitys lasketaan kaavalla

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{F}{A} \quad \text{KAAVA 8}$$

Rakenneosan syysuuntainen puristuslujuus lasketaan kaavalla 9

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} \quad \text{KAAVA 9}$$

Rakenneosan syysuuntainen puristusjännitys lasketaan kaavalla 10

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{F}{A} \quad \text{KAAVA 10}$$

Käyttörajan kuormien ominaisyhdistelmä lasketaan kaavasta 11

$$\sum_{(j>1)} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{(i>1)} \psi_0 \cdot Q_{k,i} \quad \text{KAAVA 11}$$

Rakenneosan taipuma tasaisesta kuormituksesta lasketaan kaavalla 12

$$w := \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I} + \frac{3}{20} \cdot \frac{q \cdot L^2}{G \cdot A} \quad \text{KAAVA 12}$$

Teräksisen rakenneosan taivutuskestävyys lasketaan kaavalla 13

$$M_{c,Rd} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{KAAVA 13}$$

Teräksisen rakenneosan leikkauskestävyys lasketaan kaavalla 14

$$V_{c,Rd} := \frac{A_v \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} \quad \text{KAAVA 14}$$

Rakenteen staattisen tasapainon kuormitusyhdistelmä lasketaan kaavalla 15

$$\left. \begin{matrix} 1.1 \cdot K_{fi} \\ 0.9 \end{matrix} \right\} \Sigma G_{k,j} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot Q_{k,1} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \Sigma \psi_0 \cdot Q_{k,i} \quad \text{KAAVA 15}$$

Rakenneosan vetojännitys lasketaan kaavalla 16

$$\sigma_{t.0.d} := \frac{F}{A}$$

*KAAVA 16*

Rakenneosan vetojännitys lasketaan kaavalla 17

$$f_{t.0.d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{t.0.k}}{\gamma_M}$$

*KAAVA 17*



## S17 MYLLYKALLION RISTEYSSILTA; Itäinen silta

Teräsbetoninen jatkuva ulokelaattasilta

Mitoitus suoritetaan rajatilamitoituksena, osavarmuusluku-menetelmällä

## TELINEMATERIAALIT

Sahatavara C24

käyttöluokka 3

$$\gamma_M := 1.4$$

$$k_{\text{def}} := 2.00$$

## AIKALUOKAT

Keskipitkä

$$k_{\text{mod.K}} := 0.65$$

Hetkellinen

$$k_{\text{mod.H}} := 0.90$$

## OMINAISLUJUUDET

$$f_{m.k} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c.0.k} := 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{v.k} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{t.0.k} := 14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c.90.k} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{t.90.k} := 0.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## JÄYKKYYSOMINAISUUDET

$$E_{0.\text{mean}} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_{\text{mean}} := 690 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{90.\text{mean}} := 370 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{0.05} := 7400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_{0.05} := 460 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## TIHEYDET

$$\rho_k := 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{\text{mean}} := 420 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**KUORMITUKSET**

Betoni  $h_{\text{betoni}} := 0.88\text{m}$   $\gamma_{\text{betoni}} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

$$G_{k,\text{betoni}} := h_{\text{betoni}} \cdot \gamma_{\text{betoni}} = 22 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Muotti + Koolaus  $G_{k,\text{muotti}} := 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

betonin ja muottien omapainon aikaluokka keskipitkä

seuraamusluokka CC2  $K_{fi} := 1.00$   $\psi_0 := 1.00$   $\psi_2 := 0.3$

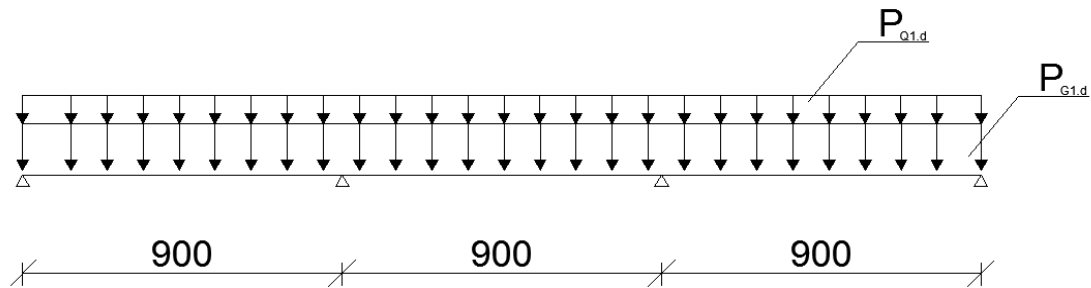
Rakenneosien kestävyys STR, kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa

$$\frac{1.15 \cdot K_{fi}}{0.9} \} \Sigma G_{k,j} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot Q_{k,1} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot Q_{k,2} \quad \text{KAAVA 1}$$

Kuormien mitoitusarvon vähimmäisarvo murtorajatilassa:

$$1.35 \cdot K_{fi} \cdot \Sigma G_{k,j}$$

$$= 1.35 \cdot K_{fi} \cdot \left( 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 30.105 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{KAAVA 2}$$

Kuormien mitoitusarvot betonivalua edeltävässä tarkastelussa (MRT)

Muotin ja koolauksen omapaino:

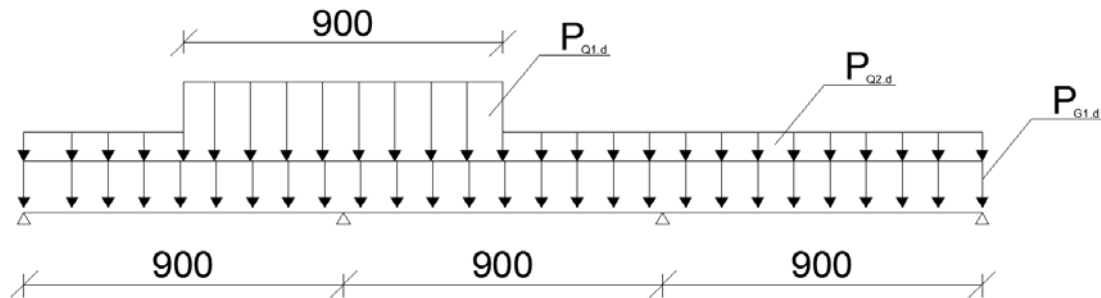
$$P_{G1,d} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.345 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Työntekijöistä ja tavarán varastoinnista aiheutuvat kuormat:

$$P_{Q1,d} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \left( 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + \psi_0 \cdot 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 1.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_{Ed} = 1.15 \cdot K_{fi} \cdot G_{k,\text{muotti}} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2.145 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KAAVA 1

Kuormien mitoitusarvot betonivalun aikaisessa tarkastelussa (MRT)

Muotin, koolauksen ja betonin omapaino:

$$P_{G1,d} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot \left( 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 25.645 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Valukuorma:

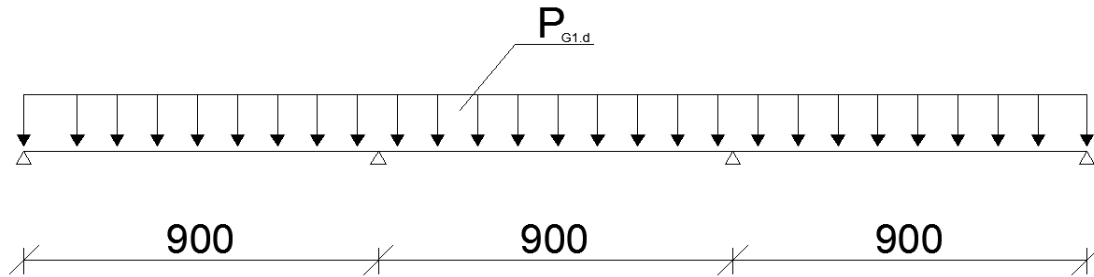
$$P_{Q1,d} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2.25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Työntekijät pienine työmaalaitteineen:

$$P_{Q2,d} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 1.125 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KAAVA 1

$$P_{Ed} = 1.15 \cdot K_{fi} \cdot (G_{k,\text{betoni}} + G_{k,\text{muotti}}) + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 29.02 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kuormien mitoitusarvot betonivalun jälkeisessä tarkastelussa (MRT)

Muotin, koolauksen ja betonin omapaino:

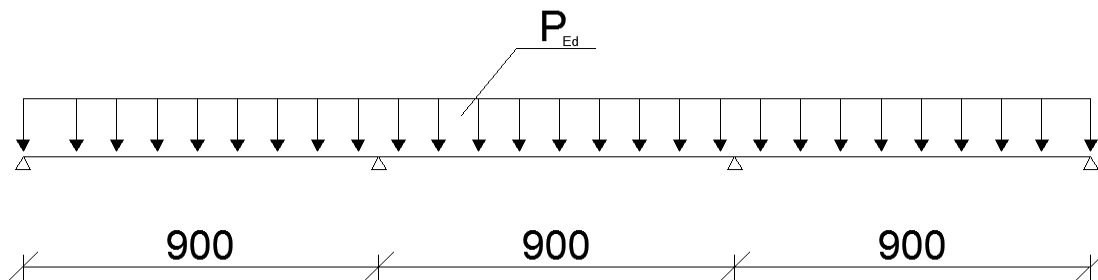
$$P_{G1.d} := 1.15 \cdot K_{ff} \cdot \left( 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 25.645 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_{Ed} = 1.15 \cdot K_{ff} \cdot \left( 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 25.645 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KAAVA 1

Määräväksi kuormaksi tulee pysyvien kuormien kuormitusyhdistelmä:

$$P_{Ed} := 30.105 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Tukireaktiot yhdelle lankulle:

$$V_{Ed} := 10.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{red} := V_{Ed} \cdot \left( 1 - \frac{2 \cdot 100 \text{ mm} + 125 \text{ mm}}{900 \text{ mm}} \right) = 6.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} := 2.44 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$A_y := 4.88 \text{ kN}$$

$$B_y := 13.41 \text{ kN}$$

$$C_y := 13.41 \text{ kN}$$

$$D_y := 4.88 \text{ kN}$$

**KOOLAUS**

Mitoitus 3-aukkoisena

$$b_{\text{koolaus}} := 50\text{mm}$$

$$k_{\text{koolaus}} := 450\text{mm}$$

$$h_{\text{koolaus}} := 100\text{mm}$$

$$k_{\text{niskat}} := 900\text{mm}$$

$$A_{\text{koolaus}} := 50\text{mm} \cdot 100\text{mm} = 5 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$W_{\text{koolaus}} := \frac{(b_{\text{koolaus}} \cdot h_{\text{koolaus}}^2)}{6} = 8.333 \times 10^4 \cdot \text{mm}^3$$

$$I_{\text{koolaus}} := \frac{(b_{\text{koolaus}} \cdot h_{\text{koolaus}}^3)}{12} = 4.167 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{z.\text{koolaus}} := \frac{(h_{\text{koolaus}} \cdot b_{\text{koolaus}}^3)}{12} = 1.042 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$k_h := \left( \frac{150}{100} \right)^{0.2} = 1.084$$

$$k_{\text{sys}} := 1.1$$

$k_{\text{sys}}$  on kuorman jakoluku joka voidaan ottaa huomioon kun useat tasavälein sijoitetut rakenneosat on yhdistetty toisiinsa jatkuvilla poikittaisilla kuormaa jakavilla rakenneosilla.

**KANSILAATTA****TAIVUTUSMITOITUS** (kansilaatan koolaus)

taivutus vain y-akselin suunnassa → mitoitusehto:  $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot K \cdot k_h \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 13.293 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{\text{Ed}} \cdot k_{\text{koolaus}}}{W_{\text{koolaus}}} = 13.176 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 99.123 \cdot \%$$

**LEIKKAUSMITOITUS** (kansilaatan koolaus)mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v,d}$ 

$$f_{v,d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot K \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 5

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{\text{red}} \cdot k_{\text{koolaus}}}{A_{\text{koolaus}}} = 0.931 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 6

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 72.957 \cdot \%$$



**SYYSUUNTAA VASTAAN KOHTISUORA PURISTUS, kiskopaine** (kansilaatan koolaus)KISKOPAINEN KOOLAUKSESSA:

$$\text{mitoitusehto : } \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.\perp} \cdot f_{c.90.d}$$

$$L_{\text{tukipinta}} := 125 \quad l_{c.90.ef} := 185 \quad k_{c.90} := 1.25 \quad (\text{havupuinen sahatavara})$$

$$k_{c.\perp} := \frac{l_{c.90.ef}}{L_{\text{tukipinta}}} \cdot k_{c.90} = 1.85$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{B_y}{50\text{mm} \cdot 125\text{mm}} = 2.146 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 8}$$

$$f_{c.90.d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot K \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 7}$$

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.\perp} \cdot f_{c.90.d}} = 90.836 \cdot \%$$

KISKOPAINEN NISKASSA:

$$L_{\text{tukipinta}} := 125 \quad l_{c.90.ef} := 185 \quad k_{c.90} := 1.25 \quad (\text{havupuinen sahatavara})$$

$$k_{c.\perp} := \frac{l_{c.90.ef}}{L_{\text{tukipinta}}} \cdot k_{c.90} = 1.85$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{B_y}{50\text{mm} \cdot 125\text{mm}} = 2.146 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 8}$$

$$f_{c.90.d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot K \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 7}$$

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.\perp} \cdot f_{c.90.d}} = 90.836 \cdot \%$$

**TAIPUMA** (kansilaatan koolaus)

$$L := 0.9\text{m}$$

Käyttörajan kuormayhdistely:  $G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$

Käyttörajan kuormayhdistelyt:

ominaisyhdistelmä

$$G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$$

Kuormien ominaisyhdistelmä:

$$P_{Ed} = 22.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.00 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 24.55 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KAAVA 11

$$P_G := 10.035 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{Q,1} := 0.675 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{Q,2} := 0.338 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Yksikkökuorman  $q_{\text{ref}} = 1 \text{ kN/m}$  aiheuttama taipuma  $w_{\text{ref}}$ :

$$w_{\text{ref}} := \frac{5}{384} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^4}{E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{koolaus}}} + \frac{3}{20} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^2}{G_{\text{mean}} \cdot A_{\text{koolaus}}} = 0.222 \cdot \text{mm}$$

KAAVA 12

pysyvä kuorma:  $p_g := 10.035 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 10.035 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

muuttuva kuorma:  $p_q := 1.013 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Hetkellinen taipuma:

$$w_{\text{inst.g}} := 0.222 \cdot 10.035 = 2.228 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst.q}} := 0.222 \cdot 1.013 = 0.225 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst}} := w_{\text{inst.g}} + w_{\text{inst.q}} = 2.453 \text{ mm}$$

Lopputaipuma:

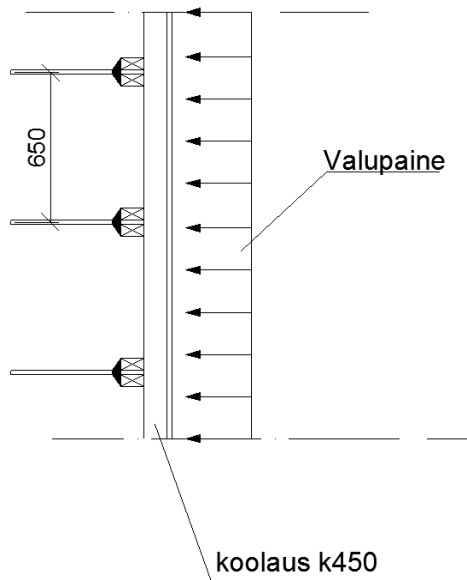
$$w_{\text{fin.g}} := \psi_2 \cdot w_{\text{inst.g}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = 2.005 \text{ mm} \quad \boxed{= L / 448}$$

\* Huomioidaan viruman vaikutusta laskettaessa  
pysyvien kuormien kesto (aikalk. keskipitkä)  
kertoimella  $\psi_2$

**PÄÄTYPALKIT**aikaluokka **hetkellinen**

sidejuoksujako: 650mm

koolausjako: 450mm

Valupaineesta aiheutuva kuorma: 25 kN/m<sup>2</sup>**MRT:**

$$P_{Ed} := 1.15 \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 28.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KAAVA 1

$$M_{Ed.p} := 1.51 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$V_{Ed.p} := 9.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**TAIVUTUSMITOITUS** (päätypalkin koolaus)

taivutus vain y-akselin suunnassa → mitoitusehto:  $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot k_h \cdot k_{sys} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 18.405 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed.p} \cdot k_{koolaus}}{W_{koolaus}} = 8.154 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 44.303 \cdot \%$$

**LEIKKAUSMITOITUS** (päätypalkin koolaus)

mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v.d}$

$$f_{v.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot k_{sys} \cdot f_{v.k}}{\gamma_M} = 1.768 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed.p} \cdot k_{koolaus}}{A_{koolaus}} = 1.261 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 71.324 \cdot \%$$

**TAIPUMA** (päätypalkin koolaus)

$$L := 0.65\text{m}$$

Käyttörajan kuormayhdistely:  $G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$

$$P_{Ed} = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{KAAVA 11}$$

$$P_G := 11.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Yksikkökuorman  $q_{ref} = 1 \text{ kN/m}$  aiheuttama taipuma  $w_{ref}$ :

$$w_{ref} := \frac{5}{384} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^4}{E_{0,mean} \cdot I_{koolaus}} + \frac{3}{20} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^2}{G_{mean} \cdot A_{koolaus}} = 0.069 \cdot \text{mm} \quad \text{KAAVA 12}$$

pysyvä kuorma:  $p_g := 11.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Hetkellinen taipuma:

$$w_{inst.g} := 0.069 \cdot 11.25 = 0.776 \text{ mm} \quad \boxed{= L / 837}$$

**NISKAT**

Mitoitus 1-aukkoisena

niskajako: 900mm

tolppajako: 1125mm

$$b_{\text{niska}} := 125\text{mm}$$

$$h_{\text{niska}} := 125\text{mm}$$

$$A_{\text{niska}} := 125\text{mm} \cdot 125\text{mm} = 1.563 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$L_{\text{niska}} := 1080\text{mm}$$

$$W_{\text{niska}} := \frac{(b_{\text{niska}} \cdot h_{\text{niska}}^2)}{6} = 3.255 \times 10^5 \cdot \text{mm}^3$$

$$I_{\text{niska}} := \frac{(b_{\text{niska}} \cdot h_{\text{niska}}^3)}{12} = 2.035 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

$$k_{h.\text{niska}} := \left( \frac{150}{125} \right)^{0.2} = 1.037$$

VALUN JÄLKEINEN TILANNE, AIKALUOKKA **KESKIPITKÄ****MRT:**

$$P_{Ed.n} := 30.105 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 900\text{mm} = 27.095 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed.n} := 3.95\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{y.n} := 14.6\text{kN}$$

$$V_{Ed.n} := 14.6\text{kN}$$

$$B_{y.n} := 14.6\text{kN}$$

**TAIVUTUSMITOITUS** (niskat)

taivutus vain y-akselin suunnassa →      mitoitusehto:  $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{mod} \cdot K \cdot k_{h.niska} \cdot k_{sys} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 12.712 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed.n}}{W_{niska}} = 12.134 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 95.454 \cdot \%$$



**LEIKKAUSMITOITUS** (niskat)

mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

$$f_{v,d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot K \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 5

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{\text{Ed},n}}{A_{\text{niska}}} = 1.402 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 6

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 109.776\%$$

Jaolla  $k=800\text{mm}$   $V_{\text{Ed}}=12.85 \text{ kN}$

:

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{12.85 \text{ kN}}{A_{\text{niska}}} = 1.234 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 6

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 96.618\%$$

**SYYSUUNTAA VASTAAN KOHTISUORA PURISTUS** (niskat)LEIMAPAINEN NISKASSA:

mitoitusehto :  $\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}$

$L_{\text{tukupinta}} := 50$

$l_{c,90,ef} := 80$

$k_{c,90} := 1.25$

(havupuinen sahatavara)

$$k_{c,\perp} := \frac{l_{c,90,ef}}{L_{tukipinta}} \cdot k_{c,90} = 2$$

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{B_{y,n}}{100\text{mm} \cdot 100\text{mm}} = 1.46 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 8

$$f_{c,90,d} := \frac{k_{mod,K} \cdot k_{sys} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 7

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}} = 57.175\%$$

**TAIPUMA** (niskat)

Käyttörajan kuormayhdistelyt:

L := 1.08m

ominaisyhdistelmä

$$G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$$

Kuormien ominaisyhdistelmä:

$$P_{Ed,o} = 22.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KAAVA 11

Yksikkökuorman  $q_{ref} = 1 \text{ kN/m}$  aiheuttama taipuma  $w_{ref}$ :

$$w_{ref} := \frac{5}{384} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^4}{E_{0,mean} \cdot I_{niska}} + \frac{3}{20} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^2}{G_{mean} \cdot A_{niska}} = 0.095 \cdot \text{mm}$$

KAAVA 12

pysyvä kuorma:  $p_g := 22.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0.9\text{m} = 20.07 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Hetkellinen taipuma:

$$w_{\text{inst.g}} := 0.095 \cdot 20.07 = 1.907 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst}} := w_{\text{inst.g}} = 1.907 \text{ mm}$$

Lopputaipuma:

$$w_{\text{fin.g}} := \psi_2 \cdot w_{\text{inst.g}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = 1.716 \text{ mm}$$

**L / 655**

VALUNAIKAINEN TILANNE, AIKALUOKKA **HETKELLINEN**:**TAIVUTUSMITOITUS** (niskat)

taivutus vain y-akselin suunnassa -->      mitoitusehto:       $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot k_{h.niska} \cdot k_{sys} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 17.602 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed.n}}{W_{niska}} = 12.134 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 68.939 \cdot \%$$

**LEIKKAUSMITOITUS** (niskat)

mitoitusehto:       $\tau_d \leq f_{v.d}$

$$f_{v.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot k_{sys} \cdot f_{v.k}}{\gamma_M} = 1.768 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed.n}}{A_{niska}} = 1.402 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 79.282 \cdot \%$$

**SYYSUUNTAA VASTAAN KOHTISUORA PURISTUS** (niskat)LEIMAPAINEN NISKASSA:

mitoitusehto :  $\sigma_{c.90.d} \leq k_{c.\perp} \cdot f_{c.90.d}$

$L_{tukupinta} := 50$        $l_{c.90.ef} := 80$        $k_{c.90} := 1.25$       (havupuinen sahatavara)

$$k_{c.\perp} := \frac{l_{c.90.ef}}{L_{tukupinta}} \cdot k_{c.90} = 2$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{B_{y.n}}{100\text{mm} \cdot 100\text{mm}} = 1.46 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 8}$$

$$f_{c.90.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot k_{sys} \cdot f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.768 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 7}$$

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.\perp} \cdot f_{c.90.d}} = 41.293 \cdot \%$$

**TAIPUMA** (niskat)

Käyttörajan kuormayhdistelyt:

$$L := 1.08\text{m}$$

ominaisyhdistelmä:  $G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$ 

Kuormien ominaisyhdistelmä:

$$P_{Ed,o} = 22.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.00 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 24.55 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{KAAVA 11}$$

$$p_{G,o} := 22.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0.9\text{m} = 20.07 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_{Q,o,1} := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0.9\text{m} = 1.35 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_{Q,o,2} := 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0.9\text{m} = 0.675 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Yksikkökuorman  $q_{\text{ref}} = 1 \text{ kN/m}$  aiheuttama taipuma  $w_{\text{ref}}$ :

$$w_{\text{ref}} := \frac{5}{384} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^4}{E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{niska}}} + \frac{3}{20} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^2}{G_{\text{mean}} \cdot A_{\text{niska}}} = 0.095 \cdot \text{mm} \quad \text{KAAVA 12}$$

pysyvä kuorma:  $p_g := 20.07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

muuttuva kuorma:  $p_q := 2.025 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Hetkellinen taipuma:

$$w_{\text{inst.g}} := 0.095 \cdot 20.07 = 1.907$$

$$w_{\text{inst.q}} := 0.095 \cdot 2.025 = 0.192$$

$$w_{\text{inst}} := w_{\text{inst.g}} + w_{\text{inst.q}} = 2.099 \quad \text{mm} \quad \text{L / 535}$$

**PYSTYTOLPAT**

$$h_{\text{tolppa}} := 100\text{mm}$$

niskajako: 900mm

$$b_{\text{tolppa}} := 100\text{mm}$$

tolppajako: 1125mm

$$A_{\text{tolppa}} := 100\text{mm} \cdot 100\text{mm} = 1 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$W_{\text{tolppa}} := \frac{(b_{\text{tolppa}} \cdot h_{\text{tolppa}}^2)}{6} = 1.667 \times 10^5 \cdot \text{mm}^3$$

$$I_{\text{tolppa}} := \frac{(b_{\text{tolppa}} \cdot h_{\text{tolppa}}^3)}{12} = 8.333 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$L_c := 2100 \quad \text{mm}$$

$$i := \sqrt{\frac{8.333 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^4}} = 28.867$$

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i} = 72.748$$

**Kuormitus**

$$P_{Ed} := 30.105 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$N_{Ed} = P_{Ed} \cdot 1.125\text{m} \cdot 0.9\text{m} = 30.481 \cdot \text{kN}$$



## MITOITUS NURJAHDUKSELLE

mitoitusehto:  $\sigma_{c.0.d} \leq k_c \cdot f_{c.0.d}$

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.234$$

$\beta_c := 0.2$  sahatavara, alkukäyryys  $L / 300$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 1.354$$

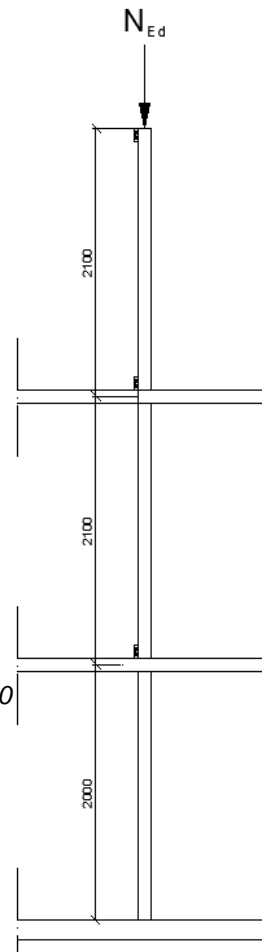
$$k_c := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.523$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{30.481 \text{ kN}}{A_{tolppa}} = 3.048 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod.K} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 9.75 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 10

KAAVA 9



$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 59.803 \cdot \%$$

Aikaluokka hetkellinen:

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 13.5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 9

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 43.191 \cdot \%$$

**TELINERUUSTUKSET**, julkaisun "Siltojen tukitelineet"  
TIEL 2170009 mukaisesti

Tarkastelu kuormien mitoitusarvoilla:      **mitoitusehto:**  $p_{k,max} \leq q_{md}$

$$N_{Ed} := 30.481 \text{ kN} \quad / \text{ pystytuki}$$

**TASAMAALLA**

Pelkka 150 x 150 mm

$$E_k := 30 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad E_{\text{pelkka}} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha_1 := 36 \cdot \left( \frac{1.125 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} \right)^3 \cdot \frac{E_k}{E_{\text{pelkka}}} = 41.42 \quad \alpha_1 < 100 \quad \text{ei huomioida korjauskerrointa } k$$

$$p_k := \frac{N_{Ed}}{1.125 \text{ m} \cdot 0.15 \text{ m}} = 180.628 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Maapohjalle tuleva kuormitus

$$p_{k,max} := p_k = 180.628 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Murtotilan geotekninen kantokyky

$$q_{md} := 235 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{p_{k,max}}{q_{md}} = 76.863 \cdot \%$$

**LUISKASSA**

$$q_{md} := 0.9 \cdot 235 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 211.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{p_{k,max}}{q_{md}} = 85.403 \cdot \%$$

Tarkastelu kuormien ominaisarvoilla:**mitoitusehto:**  $p_{\max} \leq q_m$ 

$$N_{Ed} := \left( 22.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot 0.9\text{m} \cdot 1.125\text{m} = 24.857 \cdot \text{kN/ pystytuki}$$

**TASAMAALLA**

Pelkka 150 x 150 mm

$$E_k := 30 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad E_{\text{pelkka}} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha_1 := 36 \cdot \left( \frac{1.125\text{m}}{0.15\text{m}} \right)^3 \cdot \frac{E_k}{E_{\text{pelkka}}} = 41.42 \quad \alpha_1 < 100 \quad \text{ei huomioida korjauskerrointa } k$$

$$p_k := \frac{N_{Ed}}{1.125\text{m} \cdot 0.15\text{m}} = 147.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Maapohjalle tuleva kuormitus  $p_{\max} := p_k = 147.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

geoteknisen kantokyvyn ominaisarvo  $q_m := 175 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$$\frac{p_{\max}}{q_m} = 84.171 \cdot \%$$

painuma tasamaalla

$$\frac{p_{\max}}{q_m} \cdot 10\text{mm} = 8.417 \cdot \text{mm}$$

**LUISKASSA**

$$q_m := 0.9 \cdot 175 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 157.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{p_{\max}}{q_m} = 93.524 \cdot \%$$

painuma luiskassa

$$\frac{p_{\max}}{q_m} \cdot 10\text{mm} = 9.352 \cdot \text{mm}$$

**TELINEPAINUMAT**

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{30.105 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0.45\text{m} \cdot 0.9\text{m}}{50\text{mm} \cdot 125\text{mm}} = 1.951 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\varepsilon_{90} := \frac{\sigma_{c.90.d}}{E_{90.\text{mean}}} = 5.272 \times 10^{-3}$$

$$\Delta L_{\text{koolaus}} := \varepsilon_{90} \cdot h_{\text{koolaus}} = 0.527 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta L_{\text{niskat}} := \varepsilon_{90} \cdot h_{\text{niska}} = 0.659 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta_{t1} := \Delta L_{\text{koolaus}} + \Delta L_{\text{niskat}} = 1.186 \cdot \text{mm}$$

**Niskat / tolpat**

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{30.481\text{kN}}{100\text{mm} \cdot 100\text{mm}} = 3.048 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\varepsilon_{90} := \frac{\sigma_{c.90.d}}{E_{90.\text{mean}}} = 8.238 \times 10^{-3}$$

$$\Delta L_{\text{niskat}} := \varepsilon_{90} \cdot h_{\text{niska}} = 1.03 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta_{t2} := \Delta L_{\text{niskat}} = 1.03 \cdot \text{mm}$$

$$\varepsilon_0 := \frac{\sigma_{c.90.d}}{E_{0.\text{mean}}} = 2.771 \times 10^{-4}$$

**Tolpat / Pelkat:**

$$\Delta L_{\text{pelkka}} := \varepsilon_{90} \cdot 150\text{mm} = 1.236 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta_{t3} := \Delta L_{\text{pelkka}} = 1.236 \cdot \text{mm}$$

**Tolpat :**

$$\Delta_{t4} := \varepsilon_0 \cdot 5.5\text{m} = 1.524 \cdot \text{mm}$$

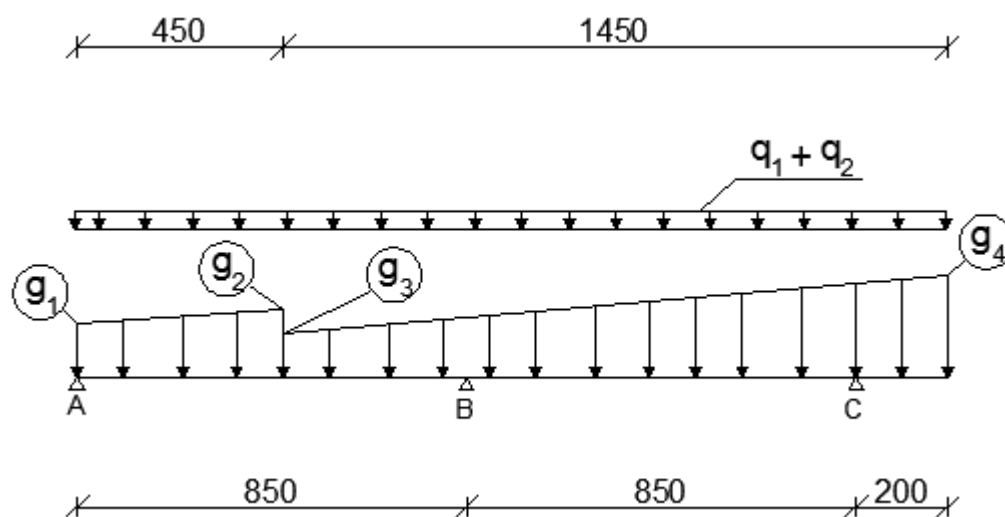
**KOKOONPURISTUMA**

telinepainumista:

$$\Delta_{t1} + \Delta_{t2} + \Delta_{t3} + \Delta_{t4} = 4.976 \cdot \text{mm}$$

**LAATTAULOKKEET**

koolaus: 50x100 k450

**Kuormitukset**

$$g_1 := 11.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$g_3 := 9.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_1 := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$g_2 := 14.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$g_4 := 22.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_2 := 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Kuormien mitoitusarvot MRT:**

KAAVA 1

$$G_{1.d.} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot g_1 = 13.282 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{3.d.} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot g_3 = 11.04 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{2.d.} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot g_2 = 17.02 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{4.d.} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot g_4 = 25.645 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1.d.} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot q_1 = 2.25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{2.d.} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot q_2 = 1.125 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Rasitukset, MRT:**Betonoinnin aikainen tilanne**

$$M_{Ed.hetkellinen} := 1.66 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$V_{Ed.hetkellinen} := 9.33 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

tukireaktiot:

$$A_{y.h} := 5.59 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_{y.h} := 19.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{y.h} := 14.57 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Betonoinnin jälkeinen tilanne**

$$M_{Ed.keskipitkä} := 1.37 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$V_{Ed.keskipitkä} := 8.65 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

tukireaktiot:

$$A_{y.k} := 4.49 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_{y.k} := 16.21 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{y.k} := 12.72 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

VALUNAIKAINEN TILANNE, AIKALUOKKA **HETKELLINEN**:

## TAIVUTUSMITOITUS (laattaulokkeet)

taivutus vain y-akselin suunnassa --> mitoitusehto:  $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{mod} \cdot H \cdot k_h \cdot k_{sys} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 18.405 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed.hetkellinen} \cdot k_{koolaus}}{W_{koolaus}} = 8.964 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 48.704 \cdot \%$
--

**LEIKKAUSMITOITUS** (laattaaloke)

mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

$$f_{v,d} := \frac{k_{\text{mod.H}} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = 1.768 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{\text{Ed.hetkellinen}} \cdot k_{\text{koolaus}}}{A_{\text{koolaus}}} = 1.26 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 71.247 \cdot \%$$

**SYYSUUNTAA VASTAAN KOHTISUORA PURISTUS** (laattaaloke)KISKOPAINEN KOOLAUKSESSA:

mitoitusehto :  $\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}$

$$L_{\text{tukipinta}} := 100$$

$$l_{c,90,ef} := 160$$

$$k_{c,90} := 1.25 \quad (\text{havupuinen sahatavara})$$

$$k_{c,\perp} := \frac{l_{c,90,ef}}{L_{\text{tukipinta}}} \cdot k_{c,90} = 2$$

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{B_{y,h} \cdot k_{\text{koolaus}}}{50\text{mm} \cdot 100\text{mm}} = 1.77 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 8}$$

$$f_{c,90,d} := \frac{k_{\text{mod.H}} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.607 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 7}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}} = 55.076 \cdot \%$$

**TAIPUMA** (laattaloke)

$$L := 0.85\text{m}$$

Käyttörajan kuormayhdistely:  $G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$

Käyttörajan kuormayhdistelyt:

ominaisyhdistelmä

$$G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$$

Kuormien ominaisyhdistelmä:

$$P_{Ed} = 22.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.00 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 24.55 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{KAAVA 11}$$

$$P_G := 10.035 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{Q,1} := 0.675 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{Q,2} := 0.338 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Yksikkökuorman  $q_{\text{ref}} = 1 \text{ kN/m}$  aiheuttama taipuma  $w_{\text{ref}}$ :

$$w_{\text{ref}} := \frac{5}{384} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^4}{E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{koolaus}}} + \frac{3}{20} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^2}{G_{\text{mean}} \cdot A_{\text{koolaus}}} = 0.18 \cdot \text{mm} \quad \text{KAAVA 12}$$



pysyvä kuorma:  $p_g := 10.035 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

muuttuva kuorma:  $p_q := 1.013 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Hetkellinen taipuma:

$$w_{\text{inst.g}} := 0.222 \cdot 10.035 = 2.228 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst.q}} := 0.222 \cdot 1.013 = 0.225 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst}} := w_{\text{inst.g}} + w_{\text{inst.q}} = 2.453 \text{ mm} \quad \boxed{= L / 346}$$

### Naulaliitos laattaalokkeet tuella 1

Naulat: 3.1 x 90       $d := 3.1$        $L_{\text{naula}} := 90$        $t_1 := 50$        $t_2 := 50$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:

$$R_k := 120 \text{ N} \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.305$$

$$k_t = \max \{$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 1.206$$

$$k_t := 1.305$$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{v.d} := \frac{k_{mod.H}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 0.689 \cdot kN$$

KAAVA 5

Leikkausvoiman mitoitusarvo tuella 1:

$$V_{Ed.T_1} := A_{y.h} \cdot k_{koolaus} = 2.515 \cdot kN$$

Naulojen lukumäärä liitoksessa:

$$x := 4$$

$$\frac{V_{Ed.T_1}}{F_{v.d} \cdot x} = 91.3. \%$$

VALUN JÄLKEINEN TILANNE, AIKALUOKKA **KESKIPITKÄ**:

## TAIVUTUSMITOITUS (laatta- ja palkkiokeet)

taivutus vain y-akselin suunnassa → mitoitusehto:  $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{mod.K} \cdot k_h \cdot k_{sys} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 13.293 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed.keskipitkä} \cdot k_{koolaus}}{W_{koolaus}} = 7.398 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 55.655\%$$

## LEIKKAUSMITOITUS (laatta- ja palkkiokeet)

mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v.d}$

$$f_{v.d} := \frac{k_{mod.K} \cdot k_{sys} \cdot f_{v.k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed.keskipitkä} \cdot k_{koolaus}}{A_{koolaus}} = 1.168 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 91.46\%$$

**SYYSUUNTAA VASTAAN KOHTISUORA PURISTUS** (laattauloke)KISKOPAINNE KOOLAUKSESSA:

$$\text{mitoitusehto : } \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.\perp} \cdot f_{c.90.d}$$

$$L_{\text{tukupinta}} := 100$$

$$l_{c.90.ef} := 160$$

$$k_{c.90} := 1.25 \quad (\text{havupuinen sahatavara})$$

$$k_{c.\perp} := \frac{l_{c.90.ef}}{L_{\text{tukupinta}}} \cdot k_{c.90} = 2$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{B_{y,k} \cdot k_{\text{koolaus}}}{50\text{mm} \cdot 100\text{mm}} = 1.459 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 8

$$f_{c.90.d} := \frac{k_{\text{mod}.K} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 7

$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.\perp} \cdot f_{c.90.d}} = 57.132 \cdot \%$
--

**TAIPUMA** (laattaloke)

$$L := 0.85\text{m}$$

Käyttörajalitan kuormayhdistely:  $G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$

Käyttörajatilan kuormayhdistelyt:

ominaisyhdistelmä

$$G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$$

Kuormien ominaisyhdistelmä:

$$P_{Ed} = G_{2,d} = 17.02 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KAAVA 11

$$P_G := G_{2,d} \cdot k_{koolaus} = 7.659 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Yksikkökuorman  $q_{ref} = 1 \text{ kN/m}$  aiheuttama taipuma  $w_{ref}$ :

$$w_{ref} := \frac{5}{384} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^4}{E_{0,mean} \cdot I_{koolaus}} + \frac{3}{20} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^2}{G_{mean} \cdot A_{koolaus}} = 0.18 \cdot \text{mm}$$

KAAVA 12

pysyvä kuorma:  $p_g := 7.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Hetkellinen taipuma:

$$w_{inst.g} := 0.18 \cdot 7.66 = 1.379 \quad \text{mm}$$

$$w_{inst} := w_{inst.g} = 1.379 \quad \text{mm}$$

$$\approx L / 616$$

Lopputaipuma:

$$w_{fin.g} := \psi_2 \cdot w_{inst.g} \cdot (1 + k_{def}) = 1.241 \text{ mm}$$

$$\approx L / 685$$

**Naulaliitos laattaalokkeet tuella 1**

$$\text{Naulat: } 3.1 \times 90 \quad d := 3.1 \quad L_{\text{naula}} := 90 \quad t_1 := 50 \quad t_2 := 50$$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:

$$R_k := 120 \text{ N} \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.305$$

$$k_t = \max \{$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 1.206$$

$$k_t := 1.305$$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{v,d} := \frac{k_{\text{mod},K}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 0.498 \cdot \text{kN} \quad \text{KAAVA 5}$$

Leikkausvoiman mitoitusarvo tuella 1:

$$V_{\text{Ed},T_1} := A_{y,k} \cdot k_{\text{koolaus}} = 2.021 \cdot \text{kN}$$

Naulojen lukumäärä  $x$  liitoksessa:

$$x := 4$$

$$\frac{V_{\text{Ed},T_1}}{F_{v,d} \cdot x} = 101.5 \cdot \%$$

$$x := 5$$

$$\frac{V_{\text{Ed},T_1}}{F_{v,d} \cdot x} = 81.2 \cdot \%$$

**TELINEIDEN JÄYKISTÄMINEN**

**Puutelineosan ja betonin omapaino:**

$$g_{k.1} := 8.21\text{m}^2 \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} + 12.2\text{m} \cdot 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 208.91 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Päätypalkin ja siipimuurien omapaino:**

$$g_{k.2} := 9.25\text{m} \cdot 37.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 2 \left( 2.964\text{m}^3 \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) = 493.688 \cdot \text{kN} / \text{pääty}$$

**Tuulikuorma**

Maastoluokka 3       $z_{\min} := 5\text{m}$

$d_{\text{muotti}} := 10.55\text{m}$

$b_{\text{muotti}} := 1.40\text{m}$

$A_{\text{muotti}} := 10.55\text{m} \cdot 1.40\text{m} = 14.77 \text{m}^2$

**tuulen nopeuspaineen ominaisarvo:**

$c_{\text{prob}} := 0.85$

$q_{p.0.Z} := 0.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot c_{\text{prob}} = 0.297 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

**Tuulikuorman ominaisarvo kannen muottiin:**

$$z_0 := 0.3\text{m} \quad z_{0,II} := 0.05\text{m}$$

$$z := 8\text{m} \quad C_s C_d := 1.00$$

**tuulen nopeuden modifioimaton perusarvo:**

$$v_{b,0} := 18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{maastokerroin:} \quad k_r := 0.19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07} = 0.215$$

$$\text{pinnanmuotokerroin:} \quad c_o(z) := 1.0$$

$$\text{rosoisuuskero:} \quad c_r := k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0.707 \quad ; \text{ kun } z > z_{\min}$$

$$\text{vuodenaikakerroin:} \quad c_{\text{season}} := 1.00$$

$$\text{suuntakerroin:} \quad c_{\text{dir}} := 1.00$$

$$\text{pyörteisyyskerroin:} \quad k_l := 1.00$$

**tuulennopeuden perusarvo:**

$$v_b := c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot v_{b,0} = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**tuulen nopeuden modifioitu perusarvo:**

$$v_m := c_r \cdot c_o(z) \cdot v_b = 12.73 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Turbulenssin keskihajonta:

$$\sigma_v := k_f \cdot v_b \cdot k_l = 3.877 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tuulen puuskien intensiteetti

$$I_v := \frac{\sigma_v}{v_m} = 0.305$$

Nopeuspaineen perusarvo:

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot v_b^2 = 0.203 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad c_e(z) := 1.5$$

**korkeudella 8m vaikuttava puuskanopeuspaine:**

$$q_{p,z} := c_e(z) \cdot q_b = 0.304 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**kannen muotin voimakerroin  $d/b = 10.55\text{m}/1.40\text{m}$**

$$c_{f,0.m} := 0.95$$

**Kannen muotin tuulikuorma:**

$$Q_w := C_s C_d \cdot c_{f,0.m} \cdot q_{p,z} \cdot b_{\text{muotti}} = 0.404 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Tuulikuorman ominaisarvo telineen yhtä pystytukiriviä kohden:**

$$z := 4 \text{ m}$$

**Telineisiin vaikuttava tuulen puuskanopeuspaine:**

$$q_{p,z} := c_e(z) \cdot q_b = 0.304 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$c_{r,\text{teline}} := k_r \cdot 5 = 1.077 \quad ; \text{ kun } z < z_{\min}$$

$$v_{m,\text{teline}} := c_{r,\text{teline}} \cdot c_o(z) \cdot v_b = 19.385 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$I_{v,\text{teline}} := \frac{\sigma_v}{v_{m,\text{teline}}} = 0.2$$

**Pystytukien muodostaman projektio pinta-alan eheyssuhde:**

$$A_{pt} := 5\text{m} \cdot 0.1\text{m} + (2 + \sqrt{2}) \cdot 0.1025\text{m}^2 = 0.85\text{m}^2$$

$$A_c := 5\text{m} \cdot 1.125\text{m} = 5.625\text{m}^2$$

$$A_{pt,\text{tot}} := 12 \cdot A_{pt} = 10.199\text{m}^2$$

$$\lambda_{pt} := 70$$

$$\psi_{\lambda,pt} := 1.0$$

$$\varphi := \frac{A_{pt}}{A_c} = 0.151$$

$$u := 0.85$$

Huomioidaan yhdessä toimivien peräkkäisten rakenne osien vaikutus ohjeen RIL 144-2002 kohdan 4.236 mukaan kertoimella  $u$

**telineen voimakerroin:**

$$c_{f,\text{teline}} := 1.73$$

**Telineiden tuulikuorma tukiriviä kohden:**

$$F_{w,pt} := CsCd \cdot c_{f,\text{teline}} \cdot \left[ 1 + \sum_{n=1}^{12} (u)^n \right] \cdot A_{pt} \cdot q_{p,z} = 2.618 \cdot \text{kN}$$

**Kuormien mitoitusarvot, MRT:**

Kuormitusyhdistelmä rakenteen staattiselle tasapainolle murtorajatilassa, EQU:

$$\left. \begin{matrix} 1.1 \cdot K_{fi} \\ 0.9 \end{matrix} \right\} \Sigma G_{k,j} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot Q_{k,1} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \Sigma \psi_0 \cdot Q_{k,i} \quad \text{KAAVA 15}$$

$$\psi_{0,\text{tuuli}} := 0.6$$

$$G_{k1} := 0.9 \cdot K_{fi} \cdot g_{k,1} = 188.019 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{k2} := 0.9 \cdot K_{fi} \cdot g_{k,2} = 444.319 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{k1} := 1.5 K_{fi} \cdot Q_w = 0.606 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

\*Tuulikuorma jaettu kahteen osaan;  
tuuli kannen muottiin ja tuuli telineisiin

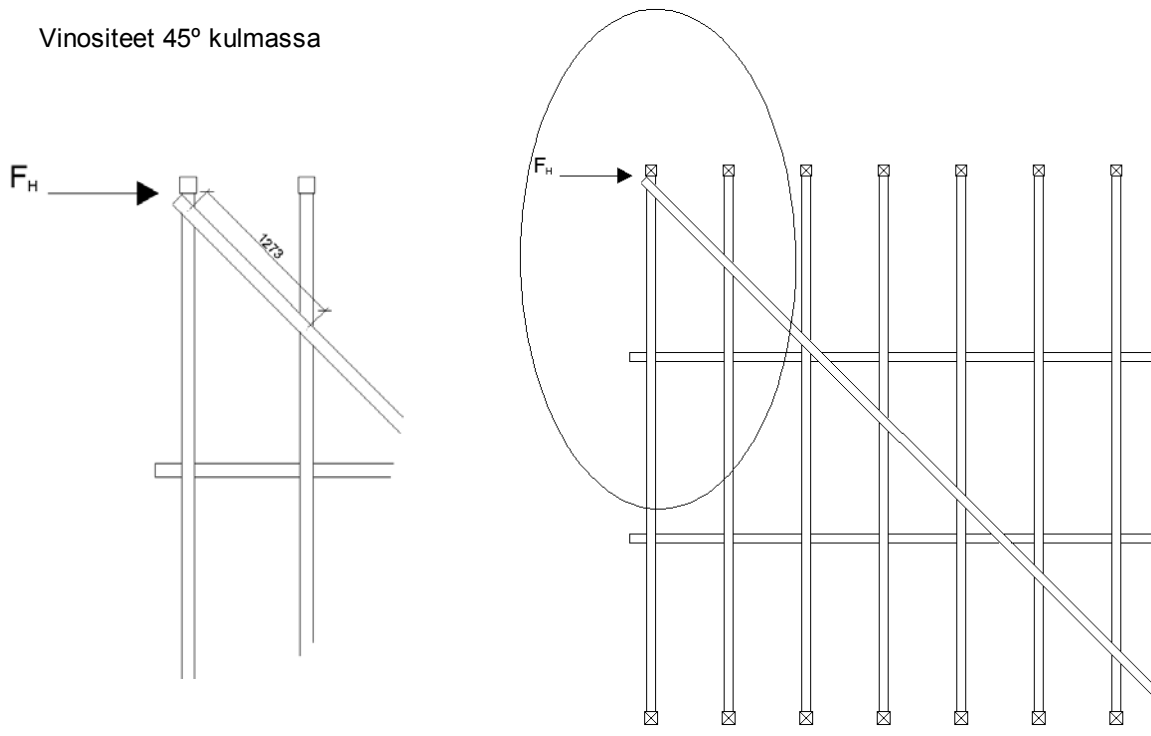
$$Q_{k2} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot F_{w,pt} = 3.926 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{k3} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot 1.5 \text{kN} = 2.25 \cdot \text{kN}$$

Betonia valettaessa syntyvä  
vaakasuuntainen muuttuva pistekuorma

**JÄYKISTYS SILLAN POIKKISUUNTAAN**

Vinositeet 45° kulmassa

**Vaakasuuntainen kuorma:**

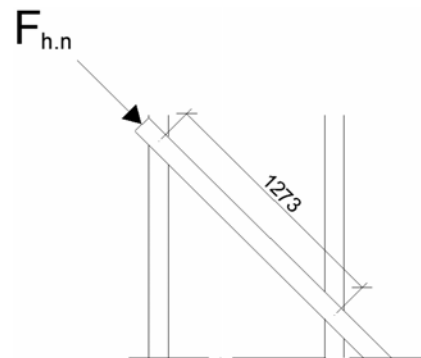
$$F_H := 0.03 \cdot G_{k1} \cdot 1.125\text{m} + Q_{k3} + \left( 1.125\text{m} \cdot Q_{k1} + \frac{Q_{k2}}{2} \right) = 11.241 \cdot \text{kN}$$

**Siteiden suuntainen kuorma:**

$$F_{h.G} := \sqrt{2} \cdot (0.03 \cdot G_{k1} \cdot 1.125\text{m} + Q_{k3}) = 12.156 \cdot \text{kN} \quad / \text{ rivi}$$

$$F_{h.w} := \sqrt{2} \cdot \left( 1.125\text{m} \cdot \psi_{0.tuuli} \cdot Q_{k1} + \frac{Q_{k2}}{2} \right) = 3.355 \cdot \text{kN} / \text{ rivi}$$

$$F_{h.n} := F_{h.G} + F_{h.w} = 15.511 \cdot \text{kN} \quad / \text{ rivi}$$



**Vinositeet 32 x 100:**

$$b_{\text{vinoside}} := 32 \text{ mm}$$

$$h_{\text{vinoside}} := 100 \text{ mm}$$

$$A_{\text{vinoside}} := b_{\text{vinoside}} \cdot h_{\text{vinoside}} = 3.2 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$L_{\text{c.vinoside}} := \sqrt{2} \cdot k_{\text{niskat}} = 1.273 \text{ m}$$

$$W_{\text{vinoside}} := \frac{(b_{\text{vinoside}} \cdot h_{\text{vinoside}}^2)}{6} = 5.333 \times 10^4 \cdot \text{mm}^3$$

$$I_{\text{vinoside}} := \frac{(b_{\text{vinoside}} \cdot h_{\text{vinoside}}^3)}{12} = 2.667 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{\text{z.vinoside}} := \frac{(h_{\text{vinoside}} \cdot b_{\text{vinoside}}^3)}{12} = 2.731 \times 10^5 \cdot \text{mm}^4$$

$$i := \sqrt{\frac{2.731 \cdot 10^5}{3.2 \cdot 10^3}} = 9.238$$

$$\lambda_z := \frac{1273}{i} = 137.798$$

**MITOITUS NURJAHDUKSELLE**

$$\text{mitoitusehto: } \sigma_{\text{c0.d}} \leq k_{\text{c}} \cdot f_{\text{c0.d}}$$

$$\lambda_{\text{rel}} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{\text{c0.k}}}{E_{0.05}}} = 2.337$$

$$\beta_{\text{c}} := 0.2$$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_{\text{c}} \cdot (\lambda_{\text{rel}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}}^2 \right] = 3.434$$

$$k_c := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.168$$

Vinositeitä **y** kpl / pystytukirivi

$$y := 2$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{F_{h.n}}{y \cdot A_{vinoside}} = 2.424 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 13.5 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

KAAVA 9

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 106.806\%$$

### Naulaliitos (sillan poikkisuunnan vinositeet)

3.1 x 90

d := 3.1

L<sub>naula</sub> := 90

t<sub>1</sub> := 32

t<sub>2</sub> := 100

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:  
Naulat:

$$R_k := 120N \cdot d^{1.7} = 821.289 N$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.087$$

$$k_t = \max \{$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 2.013$$

$$k_t := 2.013$$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{v.d} := \frac{k_{mod.H}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 1.063 \cdot \text{kN} \quad \text{KAAVA 5}$$

Leikkausvoiman mitoitusarvo:

$$F_{h.n} = 15.511 \cdot \text{kN}$$

Nauloja **n** kpl / side

$$n := 5$$

Naulojen lukumäärä **x** :

$$x := y \cdot n = 10$$

$$\frac{F_{h.n}}{F_{v.d} \cdot x} = 145.9 \cdot \%$$

$$n := 8$$

$$x := y \cdot n = 16$$

$$\frac{F_{h.n}}{F_{v.d} \cdot x} = 91.2 \cdot \%$$

**JÄYKISTYS SILLAN PITUUSSUUNTAAN:**

Vinositeet 32 x 100

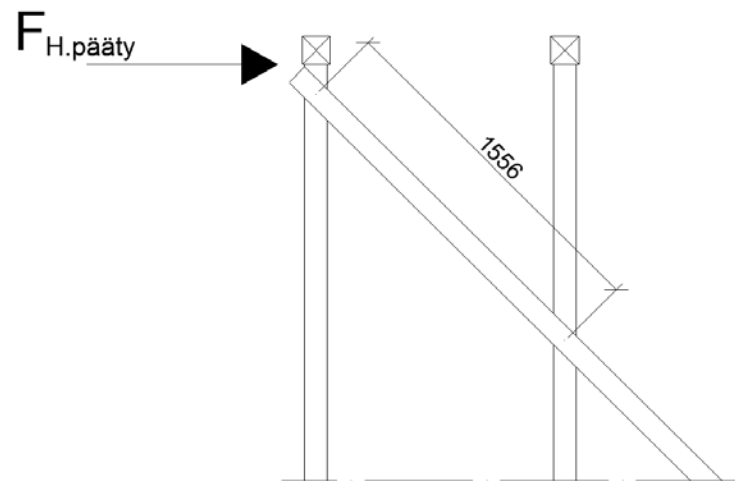
**vaakasuuntaiset kuormat:**

$$F_{H.keskiosa} := 0.03 \cdot G_{k1} \cdot 47m + Q_{k3} = 267.357 \cdot kN \quad ; \quad \text{sillan keskiosa} \quad L_{mit} = 47m$$

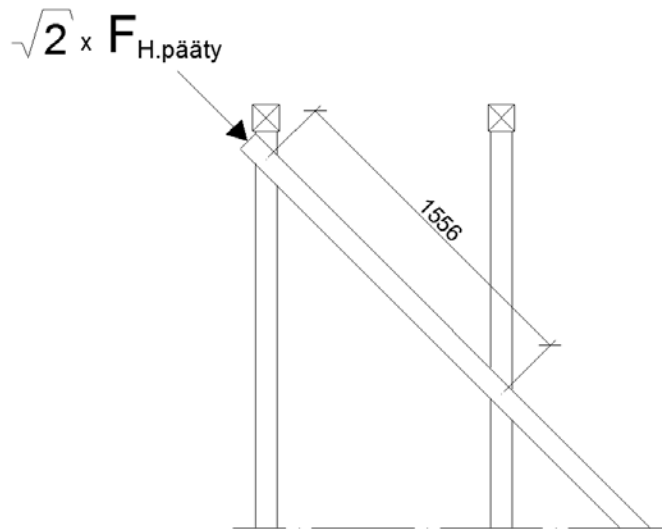
$$F_{H.pääty} := 0.03 \cdot (G_{k2} + 0.25m \cdot G_{k1}) = 14.74 \cdot kN \quad / \text{pääty}$$

$$L_C := \sqrt{2} \cdot 1.1m = 1.556 m$$

$$\lambda_z := \frac{\sqrt{2} \cdot 1100}{i} = 168.392$$

**Vinositeet päätyosille:**



**MITOITUS NURJAHDUKSELLE**

mitoitusehto:  $\sigma_{c.0.d} \leq k_c \cdot f_{c.0.d}$

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 2.855$$

$$\beta_c := 0.2$$

$$k_z := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 4.832$$

$$k_c := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.115$$

Vinositeitä **y** kpl / pääty

$$y := 12$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{\sqrt{2} \cdot F_{H.pääty}}{y \cdot A_{vinoside}} = 0.543 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 13.5 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

KAAVA 9

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 35.106 \cdot \%$$

**Naulaliitos** (päätyjen vinositeet)

Naulat: 3.1 x 90       $d := 3.1$        $L_{\text{naula}} := 90$        $t_1 := 32$        $t_2 := 100$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:  $R_k := 120 \text{ N} \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.087$$

$$k_t = \max \{$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 2.013$$

$$k_t := 2.013$$

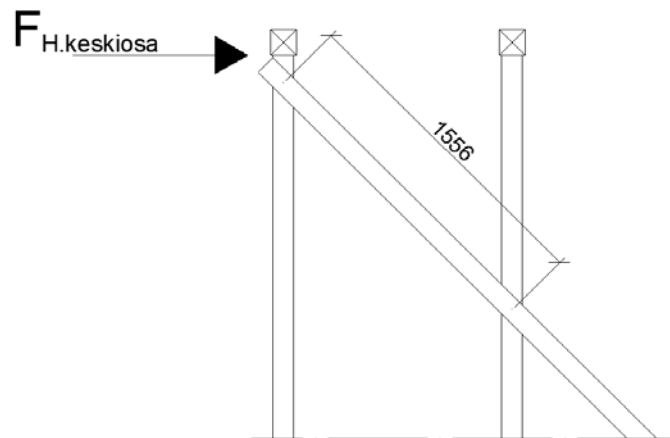
Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:  $F_{v.d} := \frac{k_{\text{mod.H}}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 1.063 \cdot \text{kN}$       KAAVA 5

Leikkausvoiman mitoitusarvo:  $V_{\text{Ed.1}} := \sqrt{2} \cdot F_{H.\text{pääty}} = 20.845 \cdot \text{kN}$

Nauloja  $n$  kpl / side       $n := 4$

Naulojen lukumäärä  $x$  :       $x := n \cdot y = 48$

$\frac{V_{\text{Ed.1}}}{F_{v.d} \cdot x} = 40.9 \cdot \%$
---

**Vinositeet keskiosalla:****MITOITUS NURJAHDUKSELLE**

mitoitusehto:  $\sigma_{c.0.d} \leq k_c \cdot f_{c.0.d}$

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 2.855$$

$$\beta_c := 0.2$$

$$k_z := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 4.832$$

$$k_c := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.115$$

Vinositeitä y kpl

$$y := 9.7$$

(7 kpl 32x100 k=5625 → 9kpl / rivi pituussuunnassa)

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{\sqrt{2} \cdot F_{H.keskiosa}}{y \cdot A_{vinoside}} = 1.875 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 13.5 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

KAAVA 9

$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 121.288 \cdot \%$
---

**Naulaliitos** (sillan keskiosan vinositeet)

$$\text{Naulat: } 3.1 \times 90 \quad d := 3.1 \quad L_{\text{naula}} := 90 \quad t_1 := 32 \quad t_2 := 100$$

$$\text{Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden: } R_k := 120 \text{ N} \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$$

$$k_t = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.087 \\ 1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 2.013 \end{array} \right. \quad k_t := 2.013$$

$$\text{Leikkauskestävyyden mitoitusarvo: } F_{V,d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot H}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 1.063 \cdot \text{kN} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\text{Leikkausvoiman mitoitusarvo: } F_{V,Ed} := \sqrt{2} \cdot F_{H,\text{keskiosa}}$$

$$\text{Nauloja } n \text{ kpl / side} \quad n := 5$$

$$\text{Naulojen lukumäärä } x : \quad x := y \cdot n = 315$$

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,d} \cdot x} = 112.9 \cdot \%$$

$$n := 6$$

$$x := y \cdot n = 378$$

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,d} \cdot x} = 94.1 \cdot \%$$

**Kokonaisjäykistys:**

$$F_{H.tot} := \sqrt{2} \cdot (F_{H.keskiosa} + 2 \cdot F_{H.pääty}) = 419.79 \cdot \text{kN}$$

pituuussuunnan vinositeitä y kpl

$$y := 7 \cdot 9 + 2 \cdot 12 = 87$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{F_{H.tot}}{y \cdot A_{vinoside}} = 1.508 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 13.5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 9

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 97.514 \cdot \%$$

**Naulaliitokset pituussuunnan vinositeissä**

Naulat: 3.1 x 90       $d := 3.1$        $L_{\text{naula}} := 90$        $t_1 := 32$        $t_2 := 100$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:  $R_k := 120 \text{ N} \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.087$$

$k_t = \max \{$

$k_t := 2.013$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 2.013$$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{v,d} := \frac{k_{\text{mod.H}}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 1.063 \cdot \text{kN} \quad \text{KAAVA 5}$$

Leikkausvoiman mitoitusarvo:

$$F_{V,Ed} := F_{H,tot} = 419.79 \cdot \text{kN}$$

Nauloja keskiosalla 5 kpl /side ja päädyissä 4 kpl / side

Naulojen lukumäärä  $x$  :

$$x := 5 \cdot 7 \cdot 9 + 4 \cdot 2 \cdot 12 = 411$$

$\frac{F_{V,Ed}}{F_{v,d} \cdot x} = 96.1 \cdot \%$
--

**S1 KAUPPALANTIEN YLIKULKUKÄYTÄVÄ**

Jännitetty betoninen jatkuva palkkisilta

Mitoitus suoritetaan rajatilamitoituksena, osavarmuusluku-menetelmällä

**TELINEMATERIAALIT****PUUTAVARA**

Sahatavara	C24	käyttöluokka 3
Pyöreä puutavara	C30	$k_{\text{def}} := 2.00$
Puupaalut	C30	$\gamma_M := 1.4$

**TERÄSRAKENTEET**

Putkipalkit ja -paalut	S355 J2H tai vastaava
muut teräsrakenteet	S235 J2GR tai vastaava

**AIKALUOKAT**

Keskipitkä	$k_{\text{mod.K}} := 0.65$
Hetkellinen	$k_{\text{mod.H}} := 0.90$

**Lujuusluokka C24**

## OMINAISLUJUUDET

$$f_{m.k} := 24 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.0.k} := 21 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{v.k} := 2.5 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{t.0.k} := 14 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.90.k} := 2.5 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{t.90.k} := 0.5 \frac{N}{mm^2}$$

## JÄYKKYYSOMINAISUUDET

$$E_{0.mean} := 11000 \frac{N}{mm^2}$$

$$G_{mean} := 690 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{90.mean} := 370 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{0.05} := 7400 \frac{N}{mm^2}$$

$$G_{0.05} := 460 \frac{N}{mm^2}$$

## TIHEYDET

$$\rho_k := 350 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{mean} := 420 \frac{kg}{m^3}$$

**Lujuusluokka C30**

## OMINAISLUJUUDET

$$f_{m.k.c30} := 30 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.0.k.c30} := 23 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{v.k.c30} := 3.0 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{t.0.k.c30} := 18 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.90.k.c30} := 2.7 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{t.90.k.c30} := 0.6 \frac{N}{mm^2}$$

## JÄYKKYYSOMINAISUUDET

$$E_{0.mean.c30} := 12000 \frac{N}{mm^2}$$

$$G_{mean.c30} := 750 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{90.mean.c30} := 400 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{0.05.c30} := 8000 \frac{N}{mm^2}$$

$$G_{0.05.c30} := 500 \frac{N}{mm^2}$$

## TIHEYDET

$$\rho_{k.c30} := 380 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{mean.c30} := 460 \frac{kg}{m^3}$$



**KUORMITUKSET**

Betoni  $h_{\text{betoni}} := 1.0\text{m}$   $\gamma_{\text{betoni}} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

$$G_{k,\text{betoni}} := h_{\text{betoni}} \cdot \gamma_{\text{betoni}} = 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Muotti + Koolaus  $G_{k,\text{muotti}} := 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

betonin ja muottien omapainon aikaluokka keskipitkä

seuraamusluokka CC2  $K_{fi} := 1.00$   $\psi_0 := 1.00$

$$\psi_2 := 0.3$$

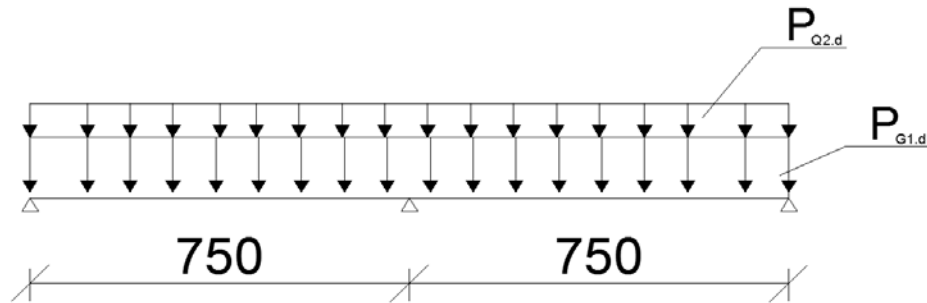
Rakenneosien kestävyys STR, kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa

$$\frac{1.15 \cdot K_{fi}}{0.9} \} \Sigma G_{k,j} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot Q_{k,1} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot Q_{k,2} \quad \text{KAAVA 1}$$

Kuormien mitoitusarvon vähimmäisarvo murtorajatilassa:

$$1.35 \cdot K_{fi} \cdot \Sigma G_{k,j}$$

$$= 1.35 \cdot K_{fi} \cdot \left( 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 34.155 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{KAAVA 2}$$

Kuormien mitoitusarvot betonivalua edeltävässä tarkastelussa (MRT)

Muotin ja koolauksen omapaino:

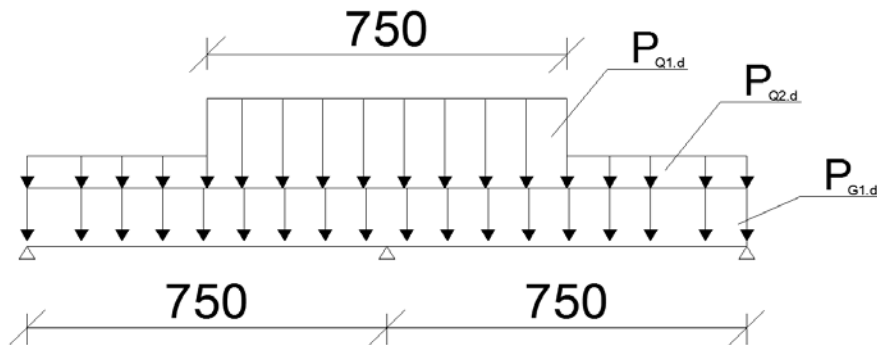
$$P_{G1,d} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.345 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Työntekijöistä ja tavarain varastoinnista aiheutuvat kuormat:

$$P_{Q1,d} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \left( 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + \psi_0 \cdot 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 1.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_{Ed} = 1.15 \cdot K_{fi} \cdot G_{k,\text{muotti}} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2.145 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KAAVA 1

Kuormien mitoitusarvot betonivalun aikaisessa tarkastelussa (MRT)

Muotin, koolauksen ja betonin omapaino:

$$P_{G1,d} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot \left( 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 29.095 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Valukuorma:

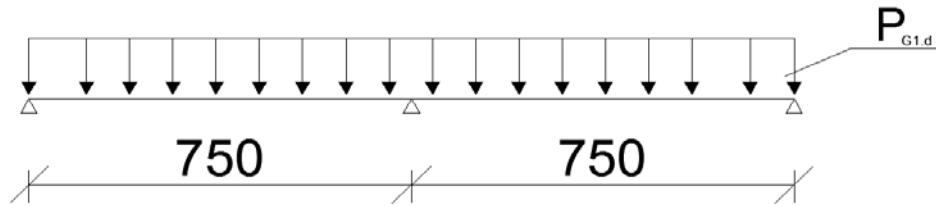
$$P_{Q1,d} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2.25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Työntekijät pienine työmaalaitteineen:

$$P_{Q2,d} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 1.125 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_{Ed} = 1.15 \cdot K_{fi} \cdot (G_{k,\text{betoni}} + G_{k,\text{muotti}}) + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 32.47 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KAAVA 1

Kuormien mitoitusarvot betonivalun jälkeisessä tarkastelussa (MRT)

Muotin, koolauksen ja betonin omapaino:

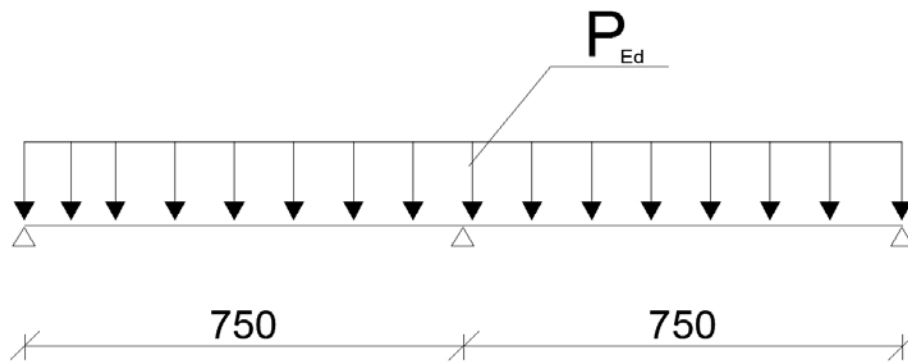
$$P_{G1.d} := 1.15 \cdot K_{ff} \cdot \left( 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 29.095 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_{Ed} = 1.15 \cdot K_{ff} \cdot \left( 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 29.095 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KAAVA 1

Määrittäväksi kuormaksi tulee pysyvien kuormien kuormitusyhdistelmä:

$$P_{ed} := 34.155 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Tukireaktiot yhdelle lankulle:

$$V_{Ed} := 9.61 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$A_y := 2.16 \text{ kN}$$

$$B_y := 7.2 \text{ kN}$$

$$C_y := 2.16 \text{ kN}$$

$$V_{red} := \left[ V_{Ed} \cdot \left( 1 - \frac{2 \cdot 100 \text{ mm} + 125 \text{ mm}}{750 \text{ mm}} \right) \right] = 5.446 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} := 2.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

**KOOLAUS**

Mitoitus 2-aukkoisena

$$b_{\text{koolaus}} := 50\text{mm}$$

$$k_{\text{koolaus}} := 225\text{mm}$$

$$h_{\text{koolaus}} := 100\text{mm}$$

$$k_{\text{niskat}} := 900\text{mm}$$

$$A_{\text{koolaus}} := 50\text{mm} \cdot 100\text{mm} = 5 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$W_{\text{koolaus}} := \frac{(b_{\text{koolaus}} \cdot h_{\text{koolaus}}^2)}{6} = 8.333 \times 10^4 \cdot \text{mm}^3$$

$$I_{\text{koolaus}} := \frac{(b_{\text{koolaus}} \cdot h_{\text{koolaus}}^3)}{12} = 4.167 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{z.\text{koolaus}} := \frac{(h_{\text{koolaus}} \cdot b_{\text{koolaus}}^3)}{12} = 1.042 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$k_h := \left( \frac{150}{100} \right)^{0.2} = 1.084$$

$$k_{\text{sys}} := 1.1$$

$k_{\text{sys}}$  on kuorman jakoluku joka voidaan ottaa huomioon kun useat tasavälein sijoitetut rakenneosat on yhdistetty toisiinsa jatkuvilla poikittaisilla kuormaa jakavilla rakenneosilla.

**KANSILAATTA****TAIVUTUSMITOITUS** (kansilaatan koolaus)

taivutus vain y-akselin suunnassa → mitoitusehto:  $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot K \cdot k_h \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 13.293 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{\text{Ed}} \cdot k_{\text{koolaus}}}{W_{\text{koolaus}}} = 6.48 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 48.749 \cdot \%$$

**LEIKKAUSMITOITUS** (kansilaatan koolaus)

mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

$$f_{v,d} := \frac{k_{\text{mod}.K \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 5

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{\text{red}} \cdot k_{\text{koolaus}}}{A_{\text{koolaus}}} = 0.368 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 6

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 28.79 \cdot \%$$

**SYYSUUNTAA VASTAAN KOHTISUORA PURISTUS, kiskopaine** (kansilaatan koolaus)KISKOPAINE KOOLAUKSESSA

$$\text{mitoitusehto : } \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.\perp} \cdot f_{c.90.d}$$

$$L_{\text{tukipinta}} := 125 \quad l_{c.90.ef} := 185 \quad k_{c.90} := 1.25 \quad (\text{havupuinen sahatavara})$$

$$k_{c.\perp} := \frac{l_{c.90.ef}}{L_{\text{tukipinta}}} \cdot k_{c.90} = 1.85$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{B_y}{50\text{mm} \cdot 125\text{mm}} = 1.152 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 8}$$

$$f_{c.90.d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot K \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 7}$$

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.\perp} \cdot f_{c.90.d}} = 48.771 \cdot \%$$

KISKOPAINE NISKASSA

$$L_{\text{tukipinta}} := 50 \quad l_{c.90.ef} := 110 \quad k_{c.90} := 1.25 \quad (\text{havupuinen sahatavara})$$

$$k_{c.\perp} := \frac{l_{c.90.ef}}{L_{\text{tukipinta}}} \cdot k_{c.90} = 2.75$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{B_y}{50\text{mm} \cdot 125\text{mm}} = 1.152 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 8}$$

$$f_{c.90.d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot K \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 7}$$

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.\perp} \cdot f_{c.90.d}} = 32.81 \cdot \%$$



**TAIPUMA** (kansilaatan koolaus)

$$L := 0.75\text{m}$$

Käyttörajalitan kuormayhdistely:  $G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$

Käyttörajatilan kuormayhdistelyt:

ominaisyhdistelmä

$$G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$$

Kuormien ominaisyhdistelmä:

$$P_{Ed} = 25.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.00 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 27.55 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{KAAVA 11}$$

$$P_G := 5.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{Q,1} := 0.338 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{Q,2} := 0.169 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Yksikkökuorman  $q_{\text{ref}} = 1 \text{ kN/m}$  aiheuttama taipuma  $w_{\text{ref}}$ :

$$w_{\text{ref}} := \frac{5}{384} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^4}{E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{koolaus}}} + \frac{3}{20} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^2}{G_{\text{mean}} \cdot A_{\text{koolaus}}} = 0.114 \cdot \text{mm} \quad \text{KAAVA 12}$$

pysyvä kuorma:  $p_g := 5.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 5.69 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

muuttuva kuorma:  $p_q := 0.507 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Hetkellinen taipuma:

$$w_{\text{inst.g}} := 0.114 \cdot 5.69 = 0.649 \quad \text{mm}$$

$$w_{\text{inst.q}} := 0.114 \cdot 0.507 = 0.058 \quad \text{mm}$$

$$w_{\text{inst}} := w_{\text{inst.g}} + w_{\text{inst.q}} = 0.706 \quad \text{mm}$$

Lopputaipuma:

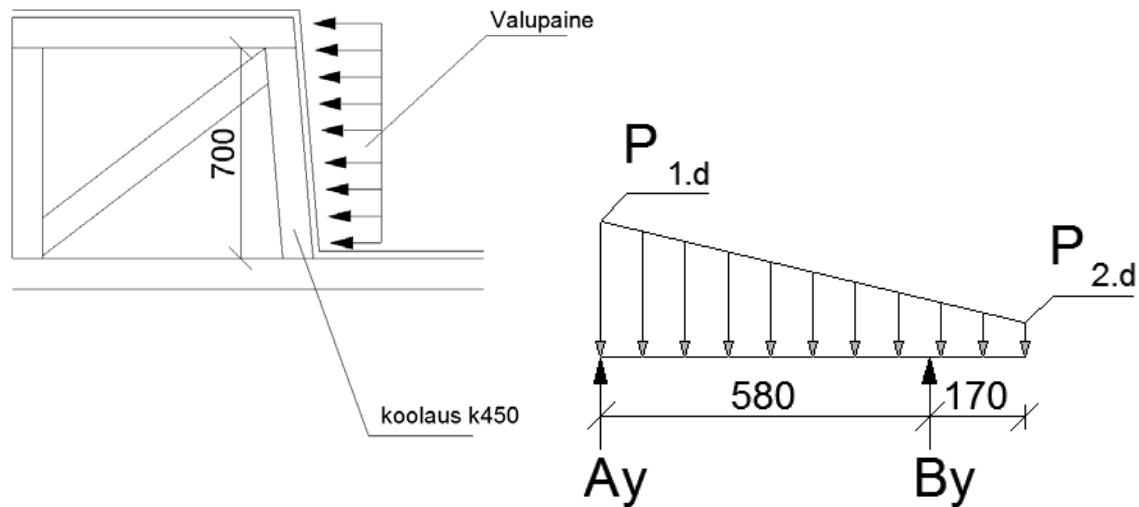
$$w_{\text{fin.g}} := \psi_2 \cdot w_{\text{inst.g}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = 0.584 \quad \text{mm} \quad \boxed{= L / 1284}$$

\* Huomioidaan viruman vaikutusta laskettaessa  
pysyvien kuormien kesto (aikalk. keskipitkä)  
kertoimella  $\psi_2$

**PALKKIUUMAT**aikaluokka **hetkellinen**

koolaus 50 x 100

sidejuoksujako: 700mm

koolausjako:  $k_{\text{koolaus}} := 450\text{mm}$ Valupaineesta aiheutuva kuorma:  $24 \text{ kN/m}^2$ **MRT:**

$$P_{1.d} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 27.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

KAAVA 1

$$P_{2.d} := P_{1.d} \cdot 0.25\text{m} = 6.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} := 0.772 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$V_{Ed} := 6.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

tukireaktiot:

$$A_y := 6.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_y := 6.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**TAIVUTUSMITOITUS** (palkkiuumat)

taivutus vain y-akselin suunnassa → mitoitusehto:  $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{mod} \cdot H \cdot k_h \cdot k_{sys} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 18.405 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed} \cdot k_{koolaus}}{W_{koolaus}} = 4.169 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 22.65 \cdot \%$$

**LEIKKAUSMITOITUS** (palkkiuumat)

mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v.d}$

$$f_{v.d} := \frac{k_{mod} \cdot H \cdot k_{sys} \cdot f_{v.k}}{\gamma_M} = 1.768 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed} \cdot k_{koolaus}}{A_{koolaus}} = 0.844 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 47.727 \cdot \%$$

**TAIPUMA** (laattauloke)

$$L := 0.58\text{m}$$

Käyttörajan kuormayhdistely:  $G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$

Käyttörajan kuormayhdistelyt:

ominaisyhdistelmä

$$G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$$

KAAVA 11

Kuormat **KRT**:

$$P_{1,d} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

hetkellinen taipuma  $w := 0.4\text{mm}$   $L / 1450$

$$P_{2,d} := 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

### Naulaliitos tuella 1

Naulat: 3.1 x 90     $d := 3.1$      $L_{\text{naula}} := 90$      $t_1 := 50$      $t_2 := 50$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:  $R_k := 120\text{N} \cdot d^{1.7} = 821.289\text{N}$

$$k_t = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.305 \\ 1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 1.206 \end{array} \right. \quad k_t := 1.305$$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:  $F_{v,d} := \frac{k_{\text{mod},H}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 0.689 \cdot \text{kN}$  KAAVA 5

Leikkausvoiman mitoitusarvo tuella 1:  $V_{\text{Ed},T_1} := A_y \cdot 225\text{mm} = 1.406 \cdot \text{kN}$

Naulojen lukumäärä  $x$  liitoksessa:

$x := 2$

$$\frac{V_{Ed.T_1}}{F_{v.d} \cdot x} = 102. \%$$

$x := 3$

$$\frac{V_{Ed.T_1}}{F_{v.d} \cdot x} = 68. \%$$

**Naulaliitos tuella 2**

Naulat: 3.1 x 90

$d := 3.1$

$L_{naula} := 90$

$t_1 := 50$

$t_2 := 50$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:

$R_k := 120 \text{ N} \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$

$$k_t = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.305 \\ 1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 1.206 \end{array} \right.$$

$k_t := 1.305$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{v.d} := \frac{k_{mod.H}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 0.689 \cdot \text{kN} \quad \text{KAAVA 5}$$

Leikkausvoiman mitoitusarvo tuella 2:

$V_{Ed.T_1} := B_y \cdot 450 \text{ mm} = 3.01 \cdot \text{kN}$

Naulojen lukumäärä  $x$  liitoksessa:

$x := 3$

$$\frac{V_{Ed.T_1}}{F_{v.d} \cdot x} = 145.6. \%$$

$x := 5$

$$\frac{V_{Ed.T_1}}{F_{v.d} \cdot x} = 87.4. \%$$

**UUMAN VINOTUET:**

50 x 100  $k_{\text{vinotuki}} := 450\text{mm}$  35° kulmassa

$$L_c := 950 \text{ mm}$$

$$i := \sqrt{\frac{1.0417 \cdot 10^6}{5000}} = 14.434$$

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i} = 65.817$$

**Kuormitus**

$$P_{Ed} := 6.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{Ed} = \frac{P_{Ed} \cdot k_{\text{vinotuki}}}{\cos(35\text{deg})} = 3.675 \cdot \text{kN}$$

**MITOITUS NURJAHDUKSELLE**

$$\text{mitoitusehto: } \sigma_{c.0.d} \leq k_c \cdot f_{c.0.d}$$

$$\lambda_{\text{rel}} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.116$$

$$\beta_c := 0.2 \quad \text{sahatavara, alkukäyryys } L / 300$$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}}^2 \right] = 1.204$$

$$k_c := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel}}^2}} = 0.603$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{3.675 \text{ kN}}{50 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}} = 0.735 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{\text{mod.H}} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 13.5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 9

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 9.022 \cdot \%$$

**NISKAT**

Mitoitus 1-aukkoisena

niskajako: 750mm

tolppajako: 1125mm

$$b_{\text{niska}} := 125\text{mm}$$

$$h_{\text{niska}} := 125\text{mm}$$

$$A_{\text{niska}} := 125\text{mm} \cdot 125\text{mm} = 1.563 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$L_{\text{niska}} := 1080\text{mm}$$

$$W_{\text{niska}} := \frac{\left(b_{\text{niska}} \cdot h_{\text{niska}}^2\right)}{6} = 3.255 \times 10^5 \cdot \text{mm}^3$$

$$I_{\text{niska}} := \frac{\left(b_{\text{niska}} \cdot h_{\text{niska}}^3\right)}{12} = 2.035 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

$$k_{h.\text{niska}} := \left(\frac{150}{125}\right)^{0.2} = 1.037$$



VALUN JÄLKEINEN TILANNE, AIKALUOKKA KESKIPITKÄ (niskat)

**MRT:**

$$P_{Ed,n} := 34.155 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 750\text{mm} = 25.616 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed,n} := 3.73\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$A_{y,n} := 13.83\text{kN}$$

$$V_{Ed,n} := 13.83\text{kN}$$

$$B_{y,n} := 13.83\text{kN}$$

## TAIVUTUSMITOITUS

taivutus vain y-akselin suunnassa --> mitoitusehto:  $\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,y,d}$

$$f_{m,y,d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot K \cdot k_{h,niska} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = 12.712 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m,y,d} := \frac{M_{Ed,n}}{W_{niska}} = 11.459 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = 90.137\%$$

**LEIKKAUSMITOITUS**

mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

$$f_{v,d} := \frac{k_{\text{mod},K} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 5

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{\text{Ed},n}}{A_{\text{niska}}} = 1.328 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 6

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 103.986 \cdot \%$$

Jaolla  $k=700\text{mm}$   $V_{\text{Ed}}=12.91 \text{ kN}$

:

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{12.91 \text{ kN}}{A_{\text{niska}}} = 1.239 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 97.069 \cdot \%$$

**SYYSUUNTAA VASTAAN KOHTISUORA PURISTUS**LEIMAPAINEN NISKASSA:

mitoitusehto :  $\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}$

$L_{\text{tukupinta}} := 50$

$l_{c,90,ef} := 80$

$k_{c,90} := 1.25$

(havupuinen sahatavara)

$$k_{c,\perp} := \frac{l_{c,90.ef}}{L_{tukipinta}} \cdot k_{c,90} = 2$$

$$\sigma_{c,90.d} := \frac{B_{y,n}}{100\text{mm} \cdot 100\text{mm}} = 1.383 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 8

$$f_{c,90.d} := \frac{k_{mod,K} \cdot k_{sys} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 7

$$\frac{\sigma_{c,90.d}}{k_{c,\perp} \cdot f_{c,90.d}} = 54.159 \cdot \%$$

**TAIPUMA**

Käyttörajan kuormayhdistelyt:

$$L := 1.08\text{m}$$

ominaisyhdistelmä

$$G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$$

KAAVA 11

Kuormien ominaisyhdistelmä:

$$P_{Ed,o} = 25.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Yksikkökuorman  $q_{ref} = 1 \text{ kN/m}$  aiheuttama taipuma  $w_{ref}$ :

$$w_{ref} := \frac{5}{384} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^4}{E_{0,mean} \cdot I_{niska}} + \frac{3}{20} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^2}{G_{mean} \cdot A_{niska}} = 0.095 \cdot \text{mm}$$

KAAVA 12

pysyvä kuorma:  $p_g := 25.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0.75\text{m} = 18.975 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Hetkellinen taipuma:

$$w_{\text{inst.g}} := 0.095 \cdot 18.975 = 1.803 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst}} := w_{\text{inst.g}} = 1.803 \text{ mm}$$

Lopputaipuma:

$$w_{\text{fin.g}} := \psi_2 \cdot w_{\text{inst.g}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = 1.622 \text{ mm}$$

L / 665

VALUNAIKAINEN TILANNE, AIKALUOKKA **HETKELLINEN** (niskat)

### TAIVUTUSMITOITUS

taivutus vain y-akselin suunnassa --> mitoitusehto:  $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot k_{h.niska} \cdot k_{sys} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 17.602 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed.n}}{W_{niska}} = 11.459 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 65.099 \cdot \%$$

### LEIKKAUSMITOITUS

mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v.d}$

$$f_{v.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot k_{sys} \cdot f_{v.k}}{\gamma_M} = 1.768 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed.n}}{A_{niska}} = 1.328 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 75.101 \cdot \%$$

**SYYSUUNTAA VASTAAN KOHTISUORA PURISTUS**LEIMAPAINEN NISKASSA:

$$\text{mitoitusehto :} \quad \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.\perp} \cdot f_{c.90.d}$$

$$L_{\text{tukipinta}} := 50 \quad l_{c.90.ef} := 80 \quad k_{c.90} := 1.25 \quad (\text{havupuinen sahatavara})$$

$$k_{c.\perp} := \frac{l_{c.90.ef}}{L_{\text{tukipinta}}} \cdot k_{c.90} = 2$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{B_{y.n}}{100\text{mm} \cdot 100\text{mm}} = 1.383 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 8}$$

$$f_{c.90.d} := \frac{k_{\text{mod.H}} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.768 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 7}$$

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.\perp} \cdot f_{c.90.d}} = 39.115 \cdot \%$$

**TAIPUMA**

Käyttörajan kuormayhdistelyt:

$$L := 1.08\text{m}$$

ominaisyhdistelmä:  $G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$ 

Kuormien ominaisyhdistelmä:

$$P_{Ed,o} = 25.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.00 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 27.55 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{KAAVA 11}$$

$$p_{G,o} := 25.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0.75\text{m} = 18.975 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_{Q,o,1} := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0.75\text{m} = 1.125 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_{Q,o,2} := 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0.75\text{m} = 0.563 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Yksikkökuorman  $q_{ref} = 1 \text{ kN/m}$  aiheuttama taipuma  $w_{ref}$ :

$$w_{ref} := \frac{5}{384} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^4}{E_{0,mean} \cdot I_{niska}} + \frac{3}{20} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^2}{G_{mean} \cdot A_{niska}} = 0.095 \cdot \text{mm} \quad \text{KAAVA 12}$$

pysyvä kuorma:  $p_g := 18.975 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

muuttuva kuorma:  $p_q := 1.688 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Hetkellinen taipuma:

$$w_{\text{inst.g}} := 0.095 \cdot 18.975 = 1.803$$

$$w_{\text{inst.q}} := 0.095 \cdot 1.688 = 0.16$$

$$w_{\text{inst}} := w_{\text{inst.g}} + w_{\text{inst.q}} = 1.963 \quad \text{mm} \quad \text{L / 550}$$



**PYSTYTOLPAT**

$$h_{\text{tolppa}} := 100\text{mm}$$

niskajako: 750mm

$$b_{\text{tolppa}} := 100\text{mm}$$

tolppajako: 1125mm

$$A_{\text{tolppa}} := 100\text{mm} \cdot 100\text{mm} = 1 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$W_{\text{tolppa}} := \frac{(b_{\text{tolppa}} \cdot h_{\text{tolppa}}^2)}{6} = 1.667 \times 10^5 \cdot \text{mm}^3$$

$$I_{\text{tolppa}} := \frac{(b_{\text{tolppa}} \cdot h_{\text{tolppa}}^3)}{12} = 8.333 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$L_c := 2200 \quad \text{mm}$$

$$i := \sqrt{\frac{8.333 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^4}} = 28.867$$

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i} = 76.212$$

**Kuormitus**

$$P_{\text{Ed}} := 34.155 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$N_{\text{Ed}} = P_{\text{Ed}} \cdot 1.125\text{m} \cdot 0.75\text{m} = 28.818 \cdot \text{kN}$$

## MITOITUS NURJAHDUKSELLE

mitoitusehto:  $\sigma_{c0.d} \leq k_c \cdot f_{c.0.d}$

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.292$$

$\beta_c := 0.2$  sahatavara, alkukäyryys  $L / 300$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 1.434$$

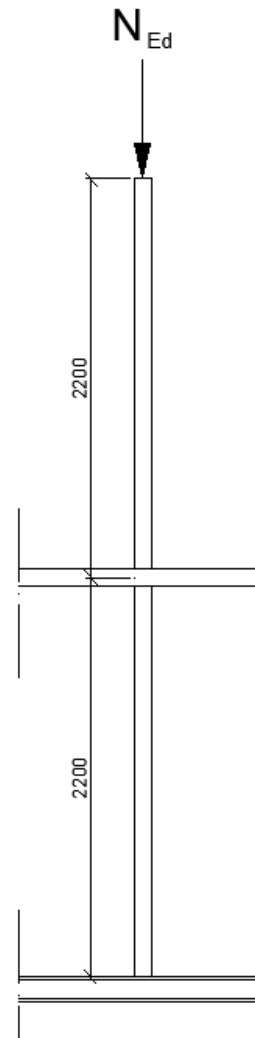
$$k_c := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.486$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{28.818 \text{ kN}}{A_{tolppa}} = 2.882 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod.K} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 9.75 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 10

KAAVA 9



$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 60.781 \cdot \%$$

**TELINERUUSTUKSET**, julkaisun "Siltojen tukitelineet"  
TIEL 2170009 mukaisesti

Maatukien vieressä tolpparivien alla poikittaiset pelkat  $h \times b > 150\text{mm} \times 175\text{mm}$   
 telinepalkkien alla pontit pohjaleveys  $> 300\text{mm}$

Tarkastelu kuormien mitoitusarvoilla:      **mitoitusehto:**       $p_{k,\max} \leq q_{md}$

$N_{Ed} := 28.818\text{kN}$  / pystytuki

**Tolpparivien alla pelkat 150 x 175 mm**

$$E_k := 30 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad E_{\text{pelkka}} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha_1 := 36 \cdot \left( \frac{0.75\text{m}}{0.15\text{m}} \right)^3 \cdot \frac{E_k}{E_{\text{pelkka}}} = 12.273 \quad \alpha_1 < 100 \quad \text{ei huomioida korjauskerrointa } k$$

$$p_k := \frac{N_{Ed}}{0.75\text{m} \cdot 0.175\text{m}} = 219.566 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{KAAVA 8}$$

Maapohjalle tuleva kuormitus       $p_{\max} := p_k = 219.566 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Murtotilan geotekninen kantokyky       $q_{md} := 253.33 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$$\frac{p_{\max}}{q_{md}} = 86.672\%$$

**Telinepalkkien alla pontit  $B > 300$  mm**

$$p_k := \frac{N_{Ed}}{0.75\text{m} \cdot 0.3\text{m}} = 128.08 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k := 1$$

pontit  $k=2500\text{mm}$ Palkit  $k=750\text{mm}$ 

Maapohjalle tuleva kuormitus

$$p_{\max} := p_k \cdot k = 128.08 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Murtotilan geotekninen kantokyky

$$q_{\text{md}} := 345 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{p_{\max}}{q_{\text{md}}} = 37.125 \cdot \%$$

Tarkastelu kuormien ominaisarvoilla:mitoitusehto:  $p_{k,max} \leq q_m$ 

$$N_{Ed} := \left( 25.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot 0.75\text{m} \cdot 1.125\text{m} = 23.245 \cdot \text{kN} / \text{pystytuki}$$

**Tolpparivien alla pelkat 150 x 175 mm**

$$E_k := 30 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad E_{\text{pelkka}} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha_1 := 36 \cdot \left( \frac{0.75\text{m}}{0.15\text{m}} \right)^3 \cdot \frac{E_k}{E_{\text{pelkka}}} = 12.273 \quad \alpha_1 < 100 \quad \text{ei huomioida korjauskerrointa } k$$

$$p_k := \frac{N_{Ed}}{0.75\text{m} \cdot 0.175\text{m}} = 177.107 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Maapohjalle tuleva kuormitus

$$p_{\max} := p_k = 177.107 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

geoteknisen kantokyvyn ominaisarvo

$$q_m := 175 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{p_{\max}}{q_m} = 101.204 \cdot \%$$

painuma tasamaalla

$$\frac{p_{\max}}{q_m} \cdot 10\text{mm} = 10.12 \cdot \text{mm}$$

**Telinepalkkien alla pontit B > 300 mm**

$$p_k := \frac{N_{Ed}}{0.75\text{m} \cdot 0.3\text{m}} = 103.313 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k := 1$$

pontit k=2500mm

Palkit k=750mm

Maapohjalle tuleva kuormitus

$$p_{\max} := p_k \cdot k = 103.313 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

geoteknisen kantokyvyn ominaisarvo

$$q_{\text{md}} := 260 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{p_{\max}}{q_{\text{md}}} = 39.736 \cdot \%$$

painuma tasamaalla

$$\frac{p_{\max}}{q_{\text{md}}} \cdot 10\text{mm} = 3.974 \cdot \text{mm}$$

**TELINEPAINUMAT****Koolaus / Niskat**

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{34.155 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0.225\text{m} \cdot 0.75\text{m}}{50\text{mm} \cdot 125\text{mm}} = 0.922 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\varepsilon_{90} := \frac{\sigma_{c.90.d}}{E_{90.\text{mean}}} = 3.738 \times 10^{-3}$$

$$\Delta L_{\text{koolaus}} := \varepsilon_{90} \cdot h_{\text{koolaus}} = 0.374 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta L_{\text{niskat}} := \varepsilon_{90} \cdot h_{\text{niska}} = 0.467 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta_{t1} := \Delta L_{\text{koolaus}} + \Delta L_{\text{niskat}} = 0.841 \cdot \text{mm}$$

**Niskat / tolpat**

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{28.818\text{kN}}{100\text{mm} \cdot 100\text{mm}} = 2.882 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\varepsilon_{90} := \frac{\sigma_{c.90.d}}{E_{90.\text{mean}}} = 7.789 \times 10^{-3}$$

$$\Delta L_{\text{niskat}} := \varepsilon_{90} \cdot h_{\text{niska}} = 0.974 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta_{t2} := \Delta L_{\text{niskat}} = 0.974 \cdot \text{mm}$$

$$\varepsilon_{0.0} := \frac{\sigma_{c.90.d}}{E_{0.\text{mean}}} = 2.62 \times 10^{-4}$$

**Tolpat / Pelkat:**

$$\Delta L_{\text{pelkka}} := \varepsilon_{90} \cdot 150\text{mm} = 1.168 \cdot \text{mm}$$

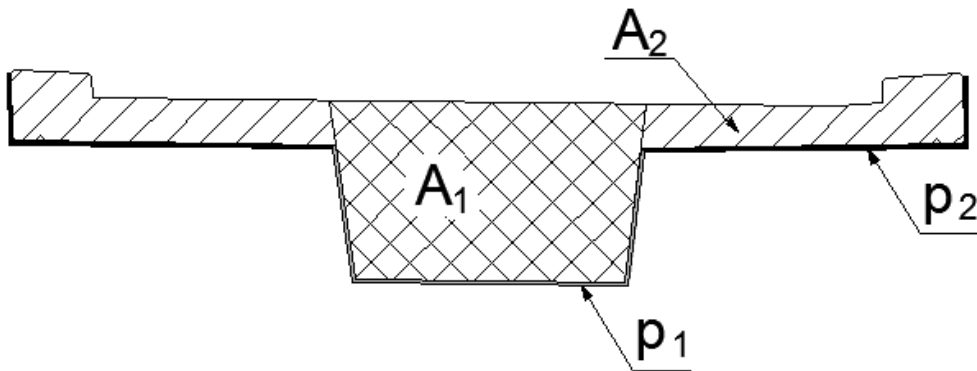
$$\Delta_{t3} := \Delta L_{\text{pelkka}} = 1.168 \cdot \text{mm}$$

**Tolpat :**

$$\Delta_{t4} := \varepsilon_0 \cdot 5\text{m} = 1.31 \cdot \text{mm}$$

**KOKOONPURISTUMA**

$$\Delta_{t1} + \Delta_{t2} + \Delta_{t3} + \Delta_{t4} = 4.293 \cdot \text{mm}$$

**TELINEPÄÄLUTUS JA ALATELINE:**

$$A_1 := 1.625\text{m}^2 \quad p_1 := 3.0\text{m}$$

$$A_2 := 0.514\text{m}^2 \quad p_2 := 2.2\text{m}$$

**omapainot**

$$\text{kansi + muotti: } g_{k.1} := 2 \left( A_2 \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} + p_2 \cdot 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) + A_1 \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} + p_1 \cdot 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 68.545 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Alateline + tolputus: } g_{k.2} := 5 \cdot 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 3 \cdot 0.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 2 \cdot 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 5.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_{k.\text{mit}} := g_{k.1} + g_{k.2} = 74.145 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



**TELINEPALKIT:**

paalujako:  $k_{\text{paalut}} \leq 4.0\text{m}$

**Kuormien mitoitusarvot**

$$G_{\text{Ed.keskipalkit}} := \frac{2 \cdot 19.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 20.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{3} + 1.15 \cdot K_{\text{fi}} \cdot 1.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 21.43 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{KAAVA 1}$$

$$G_{\text{Ed.reunapalkit}} := 10.36 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1.15 \cdot K_{\text{fi}} \cdot 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 10.935 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{KAAVA 1}$$

Valitaan reunapalkeiksi HEB180 ja keskipalkeiksi HEB220

**KESKIPALKIT**

$$M_{\text{Ed}} := \frac{21.43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (4.0\text{m})^2}{8} = 42.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad V_{\text{Ed}} := \frac{21.43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4\text{m}}{2} = 42.86 \cdot \text{kN}$$

HEB220 PLL 1

$$W_{\text{pl.y}} := 827 \cdot 10^3 \text{mm}^3 \quad I_y := 8091 \cdot 10^4 \text{mm}^4 \quad f_y := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{\text{M0}} := 1.00$$

**TAIVUTUSMITOITUS**

$$M_{\text{c.Rd}} := \frac{W_{\text{pl.y}} \cdot f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = 194.345 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{KAAVA 13}$$

$$\frac{M_{\text{Ed}}}{M_{\text{c.Rd}}} = 22.074 \cdot \%$$

**LEIKKAUSMITOITUS**

$$A_V := 9104\text{mm}^2 - 2 \cdot 220\text{mm} \cdot 16\text{mm} + (9.5\text{mm} + 2 \cdot 18\text{mm}) \cdot 16\text{mm} = 2792 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_V > \eta \cdot h_W \cdot t_W \quad \eta := 1.0 \quad h_W := 152\text{mm} \quad t_W := 9.5\text{mm}$$

$$V_{c.Rd} := \frac{A_V \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 378.811 \cdot \text{kN}$$

KAAVA 14

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c.Rd}} = 11.314 \cdot \%$$

**TAIPUMA****Kuormat KRT:**

$$G_k := \frac{17.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2 + 18.07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{3} + 1.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 18.637 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w := \frac{5}{384} \cdot \frac{G_k \cdot (4\text{m})^4}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot I_y} = 3.656 \cdot \text{mm}$$

KAAVA 12

**REUNAPALKIT**

$$M_{Ed} := \frac{10.935 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (4.0\text{m})^2}{8} = 21.87 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := \frac{10.935 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4\text{m}}{2} = 21.87 \cdot \text{kN}$$

**HEB180 PLL 1**

$$W_{pl.y} := 481 \cdot 10^3 \text{mm}^3 \quad I_y := 3831 \cdot 10^4 \text{mm}^4$$

**TAIVUTUSMITOITUS**

$$M_{c.Rd} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 113.035 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

KAAVA 13

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}} = 19.348 \cdot \%$$

**LEIKKAUSMITOITUS**

$$A_v := 6525 \text{mm}^2 - 2 \cdot 180 \text{mm} \cdot 14 \text{mm} + (8.5 \text{mm} + 2 \cdot 15 \text{mm}) \cdot 14 \text{mm} = 2024 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_v > \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$V_{c.Rd} := \frac{A_v \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 274.611 \cdot \text{kN}$$

KAAVA 14

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c.Rd}} = 7.964 \cdot \%$$

**TAIPUMA****Kuormat KRT:**

$$G_k := 9.01 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 9.51 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w := \frac{5}{384} \cdot \frac{G_k \cdot (4\text{m})^4}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot I_y} = 3.94 \cdot \text{mm}$$

KAAVA 12

**TELINEPAALUTUS**

Puupaalut; latvaläpimitta &gt; 150 mm

paalutusluokka 3

$$A_{\text{latva}} := \frac{\pi \cdot (150\text{mm})^2}{4} = 0.018 \text{ m}^2$$

Sallittu keskeinen puristusjännitys

$$\sigma_{\text{puristus}} := 5 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

Jatkamattoman puupaalun geotekninen kantokyky:

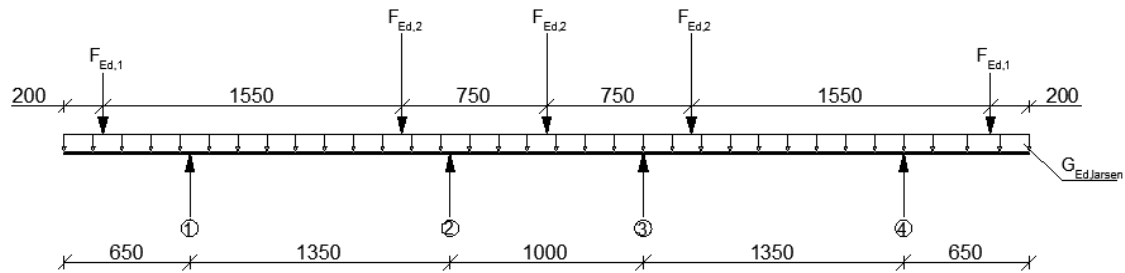
$$A_{\text{latva}} \cdot \sigma_{\text{puristus}} = 88.357 \cdot \text{kN}$$

$$f_{\text{m.y.d}} := k_{\text{mod.K}} \cdot \frac{f_{\text{m.k.c30}}}{\gamma_M} = 13.929 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 3

suurin sallittu dynaaminen puristus- tai vetojännitys:

$$\sigma_{\text{d.sall}} := 0.55 \cdot f_{\text{m.y.d}} = 7.661 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



$$F_{Ed,1} := 11.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4\text{m} = 46 \cdot \text{kN} \quad F_{Ed,2} := 21.85 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4\text{m} = 87.4 \cdot \text{kN}$$

Larsen 22 -teräsprofiilin omapaino:  $G_{Ed,larsen} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 1.15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$$M_{Ed} := 20.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := 62.9 \text{ kN}$$

Paalukuormat:

1	72.8 kN	82%
2	107.1 kN	121%
3	107.1 kN	121%
4	72.8 kN	82%

**Larsen 22 -teräsprofiili**

$$W_y := 369 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad I_y := 4180 \text{ cm}^4$$

$$A_{pl} := 8280 \text{ mm}^2$$

**TAIVUTUSMITOITUS**

$$M_{c,Rd} := \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 86.715 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

KAAVA 13

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = 24.102 \cdot \%$$

## LEIKKAUSMITOITUS

$$V_{c,Rd} := \frac{A_{pl} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 1.123 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

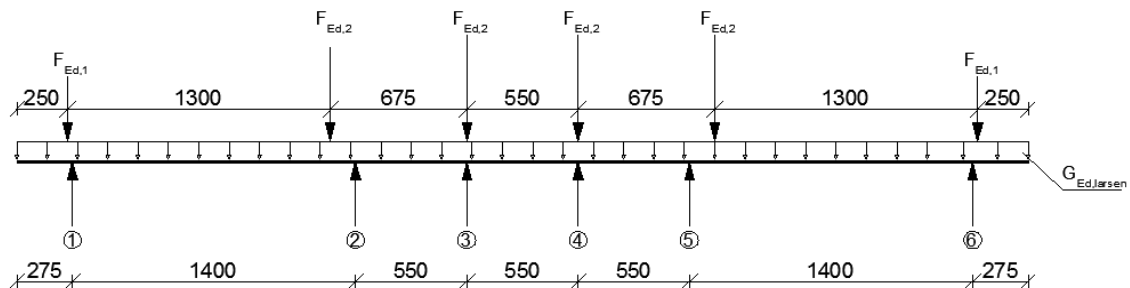
KAAVA 14

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = 5.599 \cdot \%$$

## TAIPUMA ULOKKEEN PÄÄSSÄ

$$w_{uloke} \approx 0.76 \text{ mm}$$

## LIIKENNEAUUKKOJEN PIELET (paalutus)



Aukkopalkkien oma paino

$$G_{Ed,ap} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot 1.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 1.633 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

KAAVA 1

$$F_{Ed,1} := 11.51 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4\text{m} + G_{Ed,ap} \cdot 6\text{m} = 55.838 \cdot \text{kN}$$

$$F_{Ed,2} := 21.43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4\text{m} + G_{Ed,ap} \cdot 6\text{m} = 95.518 \cdot \text{kN}$$

$$M_{Ed} := 6.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := 94.4 \text{ kN}$$

Paalukuormat:

1	60.5kN	68%
2	108.0kN	122%
3	84.6kN	95%
4	84.6kN	95%
5	108.0kN	122%
6	60.5kN	68%

**Larsen 22 -teräspontti**

#### TAIVUTUSMITOITUS

$$M_{c.Rd} := \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 86.715 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

KAAVA 13

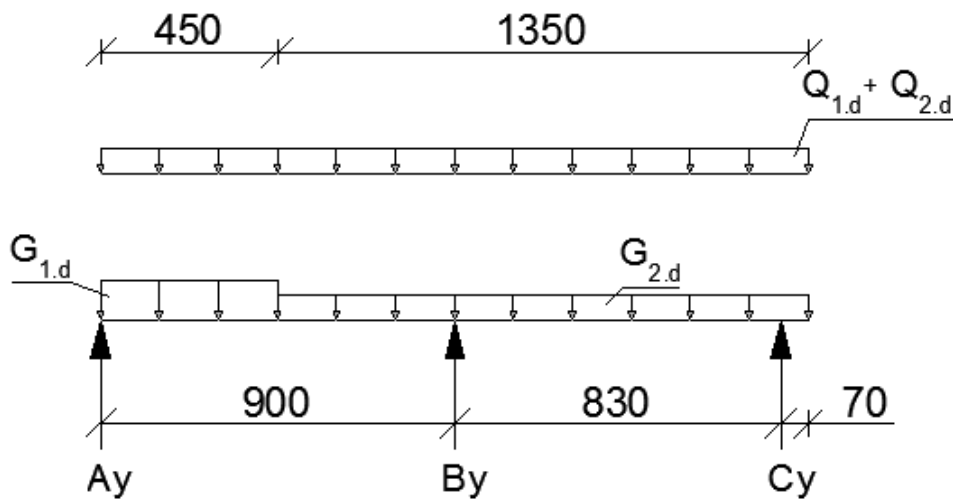
$$\frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}} = 7.046 \cdot \%$$

#### LEIKKAUSMITOITUS:

$$V_{c.Rd} := \frac{A_{pl} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 1.123 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

KAAVA 14

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c.Rd}} = 8.403 \cdot \%$$

**LAATTAULOCKKEET**koolaus: 50x100  $k_{\text{koolaus}} := 450\text{mm}$ **Kuormitukset**

$$g_1 := 10.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_1 := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$g_2 := 6.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_2 := 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Kuormien mitoitusarvot MRT:**

KAAVA 1

$$G_{1.d} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot g_1 = 11.845 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1.d} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot q_1 = 2.25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{2.d} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot g_2 = 7.532 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{2.d} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot q_2 = 1.125 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



**Rasitukset, MRT:**Betonoinnin aikana:

$$M_{Ed,hetkellinen} := 1.13 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$V_{Ed,hetkellinen} := 6.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

tukireaktiot:

$$A_{y,h} := 5.17 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_{y,h} := 12.61 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{y,h} := 4.02 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Betonoinnin jälkeen:

$$M_{Ed,keskipitkä} := 0.8 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$V_{Ed,keskipitkä} := 4.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

tukireaktiot:

$$A_{y,k} := 3.95 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_{y,k} := 8.84 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{y,k} := 2.71 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

VALUNAIKAINEN TILANNE, AIKALUOKKA **HETKELLINEN**:

(laattalokkeet)

**TAIVUTUSMITOITUS**taivutus vain y-akselin suunnassa --> mitoitusehto:  $\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,y,d}$ 

$$f_{m,y,d} := \frac{k_{mod,H} \cdot k_h \cdot k_{sys} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = 18.405 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 3

$$\sigma_{m,y,d} := \frac{M_{Ed,hetkellinen} \cdot k_{koolaus}}{W_{koolaus}} = 6.102 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 4

$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = 33.154 \cdot \%$
--

**LEIKKAUSMITOITUS**

mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

$$f_{v,d} := \frac{k_{\text{mod},H} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = 1.768 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{\text{Ed,hetkellinen}} \cdot k_{\text{koolaus}}}{A_{\text{koolaus}}} = 0.905 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 51.164 \cdot \%$$

**TAIPUMA**

$$L := 0.9\text{m}$$

Käyttörajalitan kuormayhdistely:  $G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$

Käyttörajatilan kuormayhdistelyt:

ominaisyhdistelmä

$$G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$$

Kuormien ominaisyhdistelmä:

$$P_{\text{Ed}} = g_1 + 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + \psi_0 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 12.55 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{KAAVA 11}$$

$$P_G := g_1 \cdot k_{\text{koolaus}} = 4.635 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{Q.1} := 0.675 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{Q.2} := 0.338 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Yksikkökuorman  $q_{\text{ref}} = 1 \text{ kN/m}$  aiheuttama taipuma  $w_{\text{ref}}$ :

$$w_{\text{ref}} := \frac{5}{384} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^4}{E_{0.\text{mean}} \cdot I_{\text{koolaus}}} + \frac{3}{20} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^2}{G_{\text{mean}} \cdot A_{\text{koolaus}}} = 0.222 \cdot \text{mm} \quad \text{KAAVA 12}$$

pysyvä kuorma:  $p_g := 4.635 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

muuttuva kuorma:  $p_q := 1.013 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Hetkellinen taipuma:

$$w_{\text{inst.g}} := 0.222 \cdot 4.635 = 1.029 \quad \text{mm}$$

$$w_{\text{inst.q}} := 0.222 \cdot 1.013 = 0.225 \quad \text{mm}$$

$$w_{\text{inst}} := w_{\text{inst.g}} + w_{\text{inst.q}} = 1.254 \quad \text{mm}$$

$$\approx L / 717$$

**Naulaliitos laattaalokkeet tuella 1**

Naulat: 3.1 x 90       $d := 3.1$        $L_{\text{naula}} := 90$        $t_1 := 50$        $t_2 := 50$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:

$$R_k := 120 \text{ N} \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.305$$

$$k_t = \max \{$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 1.206$$

$$k_t := 1.305$$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{v,d} := \frac{k_{\text{mod},H}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 0.689 \cdot \text{kN} \quad \text{KAAVA 5}$$

Leikkausvoiman mitoitusarvo tuella 1:

$$V_{\text{Ed},T_1} := A_{y,h} \cdot k_{\text{koolaus}} = 2.326 \cdot \text{kN}$$

Naulojen lukumäärä liitoksessa:

$$x := 4$$

$$\frac{V_{\text{Ed},T_1}}{F_{v,d} \cdot x} = 84.4 \cdot \%$$

VALUN JÄLKEINEN TILANNE, AIKALUOKKA KESKIPITKÄ:

(laattaalokkeet)

**TAIVUTUSMITOITUS**taivutus vain y-akselin suunnassa → mitoitusehto:  $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$ 

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{mod.K} \cdot k_h \cdot k_{sys} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 13.293 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed.keskipitkä} \cdot k_{koolaus}}{W_{koolaus}} = 4.32 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 32.499 \cdot \%$
--

**LEIKKAUSMITOITUS**mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v.d}$ 

$$f_{v.d} := \frac{k_{mod.K} \cdot k_{sys} \cdot f_{v.k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed.keskipitkä} \cdot k_{koolaus}}{A_{koolaus}} = 0.644 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \text{KAAVA 6}$$

$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 50.435 \cdot \%$
--

**TAIPUMA** (laattauloke)

$$L := 0.9\text{m}$$

Käyttörajan kuormayhdistely:  $G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$

Käyttörajan kuormayhdistelyt:

ominaisyhdistelmä

$$G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_0 \cdot Q_{k,i}$$

KAAVA 11

Kuormien ominaisyhdistelmä:

$$P_{Ed} = g_1 = 10.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_G := g_1 \cdot k_{\text{koolaus}} = 4.635 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Yksikkökuorman  $q_{\text{ref}} = 1 \text{ kN/m}$  aiheuttama taipuma  $w_{\text{ref}}$ :

$$w_{\text{ref}} := \frac{5}{384} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^4}{E_{0,\text{mean}} \cdot I_{\text{koolaus}}} + \frac{3}{20} \cdot \frac{1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L^2}{G_{\text{mean}} \cdot A_{\text{koolaus}}} = 0.222 \cdot \text{mm}$$

KAAVA 12

Hetkellinen taipuma:

$$w_{\text{inst.g}} := 0.222 \cdot 4.635 = 1.029 \quad \text{mm}$$

$$w_{\text{inst}} := w_{\text{inst.g}} = 1.029 \quad \text{mm}$$

$$\boxed{= L / 875}$$

Lopputaipuma:

$$w_{\text{fin.g}} := \psi_2 \cdot w_{\text{inst.g}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = 0.926 \quad \text{mm}$$

$$\boxed{= L / 972}$$

**Naulaliitos laattalokkeet tuella 1**

Naulat: 3.1 x 90       $d := 3.1$        $L_{\text{naula}} := 90$        $t_1 := 50$        $t_2 := 50$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:

$$R_k := 120 \text{ N} \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.305$$

$$k_t = \max \{$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 1.206$$

$$k_t := 1.305$$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{v,d} := \frac{k_{\text{mod},K}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 0.498 \cdot \text{kN} \quad \text{KAAVA 5}$$

Leikkausvoiman mitoitusarvo tuella 1:

$$V_{\text{Ed},T_1} := A_{y,k} \cdot k_{\text{koolaus}} = 1.778 \cdot \text{kN}$$

Naulojen lukumäärä  $x$  liitoksessa:

$$x := 4$$

$\frac{V_{\text{Ed},T_1}}{F_{v,d} \cdot x} = 89.3 \cdot \%$
---

**POHJAKOOLAUS:****KUORMITUKSET MRT :**

KAAVA 1

$$G_{1,d} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot 3.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 3.91 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{2,d} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot 7.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 8.855 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{3,d} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot 4.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 5.117 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q_{1,d} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \left( 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + \psi_0 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot 0.35\text{m} = 1.181 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q_{2,d} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \left( 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + \psi_0 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot 1.05\text{m} = 3.544 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

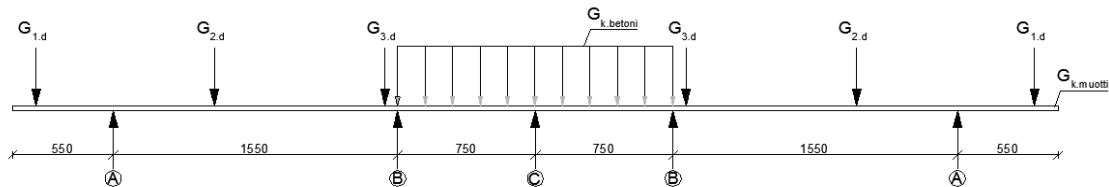
$$Q_{3,d} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \left( 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + \psi_0 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot 0.5\text{m} = 1.688 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q_{\text{betonivalu}} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \left( 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + \psi_0 \cdot 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 32.125 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{k,\text{betoni}} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 28.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{k,\text{muotti}} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0.345 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



TELINEOSA :koolaus laattaosat:  $k_{\text{laattaosa}} := 450\text{mm}$ koolaus palkkikaista:  $k_{\text{palkkikaista}} := 225\text{mm}$ Valun jälkeinen tilanne, aikaluokka **keskipitkä** (puutelineosa)

$$M_{\text{Ed.t.k}} := 1.69 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad A_{\text{y.t.k}} := 10.36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{\text{Ed.t.k}} := 8.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad B_{\text{y.t.k}} := 19.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{\text{y.t.k}} := 20.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**TAIVUTUSMITOITUS**mitoitusehto:  $\sigma_{\text{m.y.d}} \leq f_{\text{m.y.d}}$ 

$$f_{\text{m.y.d}} := \frac{k_{\text{mod.K}} \cdot k_h \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{\text{m.k}}}{\gamma_M} = 13.293 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{\text{m.y.d}} := \frac{M_{\text{Ed.t.k}} \cdot k_{\text{laattaosa}}}{W_{\text{koolaus}}} = 9.126 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$\frac{\sigma_{\text{m.y.d}}}{f_{\text{m.y.d}}} = 68.655 \cdot \%$
--

**LEIKKAUSMITOITUS**

mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

$$f_{v,d} := \frac{k_{\text{mod}.K} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 5

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{\text{Ed}.t.k} \cdot k_{\text{laattaosa}}}{A_{\text{koolaus}}} = 1.121 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 6

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 87.759 \cdot \%$$

**TAIPUMA**

Kuormat **KRT**:

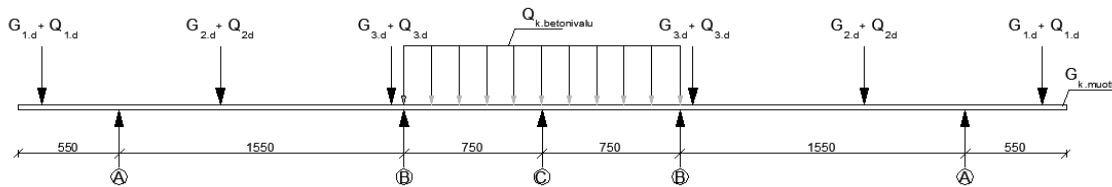
$$G_{1.\text{krt}} := 3.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad G_{\text{betoni.krt}} := 25.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{2.\text{krt}} := 7.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad G_{\text{muotti.krt}} := 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{3.\text{krt}} := 4.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$W_{\text{max}} := 3.03 \text{mm} \quad \text{L / 511}$$

Valunaikainen tilanne, aikaluokka **hetkellinen** (puutelineosa)



$$M_{Ed.t.h} := 2.19 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad A_{y.t.h} := 13.88 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{Ed.t.h} := 11.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad B_{y.t.h} := 23.74 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{y.t.h} := 18.99 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

#### TAIVUTUSMITOITUS

mitoitusehto:  $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot k_h \cdot k_{sys} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 18.405 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed.t.h} \cdot k_{laattaosa}}{W_{koolaus}} = 11.826 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 64.254 \cdot \%$$

#### LEIKKAUSMITOITUS

mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v.d}$

$$f_{v.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot k_{sys} \cdot f_{v.k}}{\gamma_M} = 1.768 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed.t.h} \cdot k_{laattaosa}}{A_{koolaus}} = 1.498 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 84.764 \cdot \%$$

**TAIPUMA**Kuormat **KRT**:

$$G_{1.krt} := 3.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0.35\text{m} \left( 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 4.188 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

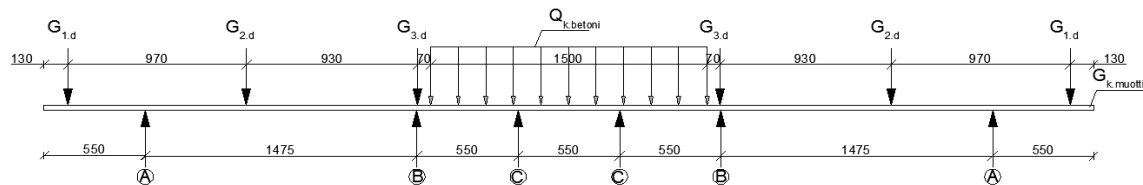
$$G_{2.krt} := 7.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1.05\text{m} \left( 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 10.063 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{3.krt} := 4.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0.5\text{m} \left( 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 5.575 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{\text{betoni.krt}} := 25.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 27.25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{\text{muotti.krt}} := 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{\text{max}} := 4.25\text{mm} \quad L / 365$$

KATUAUKOT :Valun jälkeinen tilanne, aikaluokka **keskipitkä** (katuaukot)

$$M_{Ed.k.k} := 1.69 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad A_{y.k.k} := 10.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{Ed.k.k} := 12.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad B_{y.k.k} := 15.27 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{y.k.k} := 14.91 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**TAIVUTUSMITOITUS**mitoitusehto:  $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$ 

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{mod} \cdot K \cdot k_h \cdot k_{sys} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 13.293 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed.k.k} \cdot k_{laattaosa}}{W_{koolaus}} = 9.126 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 68.655 \cdot \%$$

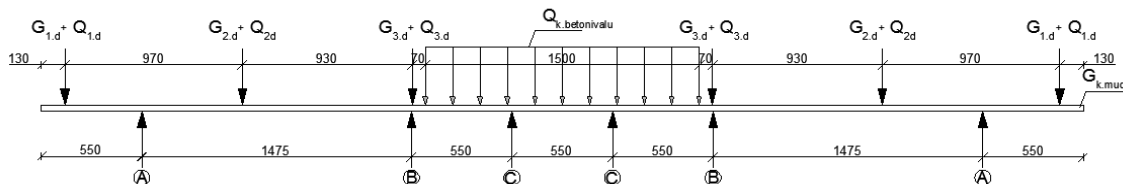
**LEIKKAUSMITOITUS**mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v.d}$ 

$$f_{v.d} := \frac{k_{mod} \cdot K \cdot k_{sys} \cdot f_{v.k}}{\gamma_M} = 1.277 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed.k.k} \cdot k_{palkkikaista}}{A_{koolaus}} = 0.817 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 63.969 \cdot \%$$

Valunaikainen tilanne, aikaluokka **hetkellinen** (katuaukot)



$$M_{Ed.k.h} := 2.19 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$A_{y.k.h} := 13.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{Ed.k.h} := 15.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_{y.k.h} := 19.76 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{y.k.h} := 15.94 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

#### TAIVUTUSMITOITUS

mitoitusehto:  $\sigma_{m.y.d} \leq f_{m.y.d}$

$$f_{m.y.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot k_h \cdot k_{sys} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 18.405 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 3

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_{Ed.k.h} \cdot k_{laattaosa}}{W_{koolaus}} = 11.826 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 4

#### LEIKKAUSMITOITUS

mitoitusehto:  $\tau_d \leq f_{v.d}$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 64.254. \%$$

$$f_{v.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot k_{sys} \cdot f_{v.k}}{\gamma_M} = 1.768 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 5

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed.k.h} \cdot k_{palkkikaista}}{A_{koolaus}} = 1.033 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 6

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 58.418. \%$$

Niskakuormat katuaukoissa:Aikaluokka **keskipitkä, MRT**

$$A_{y.k.k} := 10.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_{y.k.k} := 15.27 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{y.k.k} := 14.91 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Aikaluokka **hetkellinen, MRT**

$$A_{y.k.h} := 13.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_{y.k.h} := 19.76 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{y.k.h} := 15.94 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Aikaluokka **keskipitkä, KRT**

$$A_{y.krt.k} := 8.92 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_{y.krt.k} := 13.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{y.krt.k} := 12.96 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Aikaluokka **hetkellinen, KRT**

$$A_{y.krt.h} := 11.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_{y.krt.h} := 16.19 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{y.krt.h} := 13.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**TELINEIDEN LIIKENNEAUKOT:****KATUAUKOT VIHINTIELLÄ:**

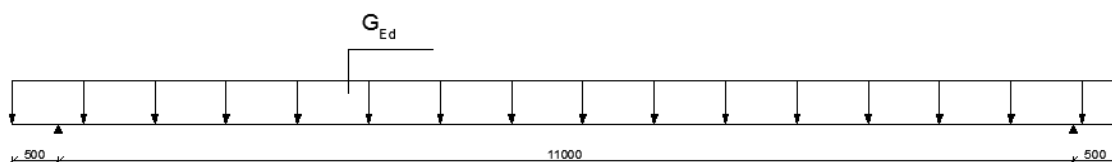
Aukkopalkit 6 kpl HEB360

$$L_{\text{palkki}} := 12\text{m} \quad I_y := 43193 \cdot 10^4 \text{mm}^4$$

$$W_y := 2683 \cdot 10^3 \text{mm}^3$$

HEB360 PLL 1

omapainon mitoitusarvo MRT:  $G_{k,\text{palkki}} := 1.15 \cdot K_{fi} \cdot 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 1.725 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

**Palkkikaista**

$$G_{Ed} := 14.91 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + G_{k,\text{palkki}} = 16.635 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} := 250 \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := 91.5 \text{kN}$$

**TAIVUTUSMITOITUS**

$$M_{c,Rd} := \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 630.505 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{KAAVA 13}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = 39.651 \cdot \%$$

**LEIKKAUSMITOITUS**

$$A_v := 18063 \text{mm}^2 - 2 \cdot 300 \text{mm} \cdot 22.5 \text{mm} + (12.5 \text{mm} + 2 \cdot 27 \text{mm}) \cdot 22.5 \text{mm} = 6059.25 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_v > \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$\eta := 1.0$$

$$h_w := 152 \text{mm}$$

$$t_w := 9.5 \text{mm}$$

$$V_{c,Rd} := \frac{A_v \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 822.103 \cdot \text{kN}$$

KAAVA 14

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = 11.13 \cdot \%$$



**TAIPUMA**Kuormat KRT:

$$G_{krt} := 13.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 14.65 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{KAAVA 11}$$

$$w := \frac{5}{384} \cdot \frac{G_{krt} \cdot (11\text{m})^4}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot I_y} = 30.79 \cdot \text{mm} \quad \text{L / 362} \quad \text{KAAVA 12}$$

**Laattaosa**

$$G_{Ed} := 10.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + G_{k.palkki} = 11.985 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} := 180 \text{kN} \cdot \text{m} \quad V_{Ed} := 65.9 \text{kN}$$

**TAIVUTUSMITOITUS**

$$M_{c.Rd} := \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 630.505 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{KAAVA 13}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}} = 28.549 \cdot \%$$

**LEIKKAUSMITOITUS**

$$A_v := 18063 \text{mm}^2 - 2 \cdot 300 \text{mm} \cdot 22.5 \text{mm} + (12.5 \text{mm} + 2 \cdot 27 \text{mm}) \cdot 22.5 \text{mm} = 6059.25 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_v > \eta \cdot h_w \cdot t_w \quad \eta := 1.0 \quad h_w := 152 \text{mm} \quad t_w := 9.5 \text{mm}$$

$$V_{c.Rd} := \frac{A_v \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 822.103 \cdot \text{kN} \quad \text{KAAVA 14}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c.Rd}} = 8.016 \cdot \%$$

**TAIPUMA**Kuormat KRT:

$$G_{\text{krt}} := 8.92 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 10.42 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

KAAVA 11

$$w := \frac{5}{384} \cdot \frac{G_{\text{krt}} \cdot (11\text{m})^4}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot I_y} = 21.9 \cdot \text{mm} \quad \text{L / 526}$$

KAAVA 12

**Aukon pielitolpat**

$$h_{\text{tolppa}} := 150\text{mm}$$

$$N_{\text{Ed.max}} := G_{\text{Ed}} \cdot 6\text{m} = 71.91 \cdot \text{kN}$$

$$b_{\text{tolppa}} := 150\text{mm}$$

$$A_{\text{tolppa}} := 150\text{mm} \cdot 150\text{mm} = 2.25 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$L_c := 2100$$

$$I_{\text{tolppa}} := \frac{(b_{\text{tolppa}} \cdot h_{\text{tolppa}}^3)}{12} = 4.219 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

$$i := \sqrt{\frac{4.219 \cdot 10^7}{2.25 \cdot 10^4}} = 43.303$$

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i} = 48.496$$

**MITOITUS NURJAHDUKSELLE**

$$\text{mitoitusehto: } \sigma_{c0.d} \leq k_c \cdot f_{c0.d}$$

$$\lambda_{\text{rel}} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c0.k}}{E_{0.05}}} = 0.822$$

$$\beta_c := 0.2 \quad \text{sahatavara, alkukäyryys } L / 300$$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}}^2 \right] = 0.89$$

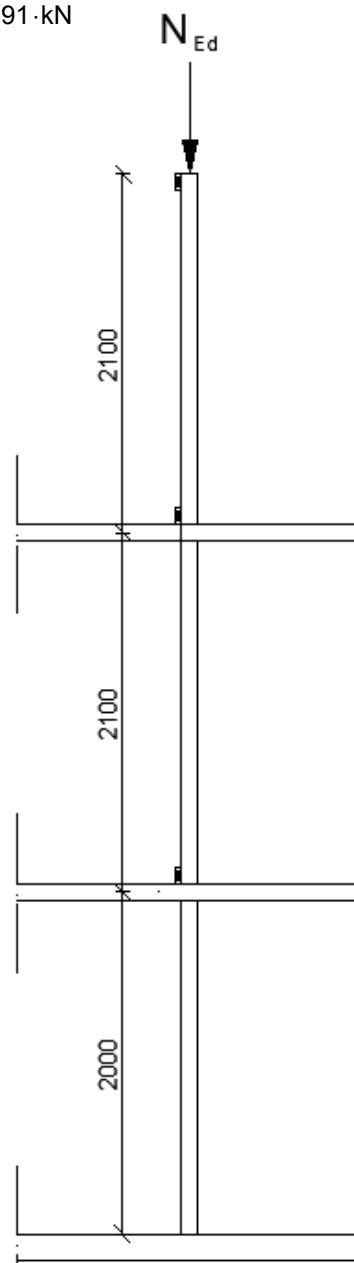
$$k_c := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel}}^2}} = 0.812$$

$$\sigma_{c0.d} := \frac{99.81\text{kN}}{A_{\text{tolppa}}} = 4.436 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c0.d} := \frac{k_{\text{mod.K}} \cdot f_{c0.k}}{\gamma_M} = 9.75 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 9



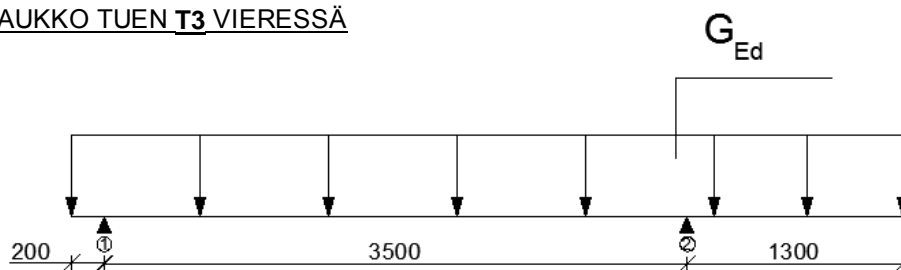
$$\frac{\sigma_{c0.d}}{k_c \cdot f_{c0.d}} = 56.037\%$$

**KEVYEN LIIKENTEE AUKOT**

Aukkopalkit 5 kpl HEB180  $L_{\text{palkki}} := 5.0\text{m}$   $I_y := 3831 \cdot 10^4 \text{mm}^4$   $W_y := 481 \cdot 10^3 \text{mm}^3$

**PLL 1**

omapainon mitoitusarvo MRT:  $G_{k,\text{palkki}} := 1.15 \cdot K_{\text{fl}} \cdot 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 0.575 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

**AUKKO TUEN T3 VIERESSÄ****Keskipalkit MRT**

$$G_{\text{Ed}} := \frac{19.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2 + 20.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{3} + G_{k,\text{palkki}} = 20.625 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Ed}} := 23.2 \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{\text{Ed}} := 41 \text{kN}$$

**TAIVUTUSMITOITUS**

$$M_{c,Rd} := \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 113.035 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{KAAVA 13}$$

$$\frac{M_{\text{Ed}}}{M_{c,Rd}} = 20.525\%$$

**LEIKKAUSMITOITUS**

$$A_v := 6525 \text{mm}^2 - 2 \cdot 180 \text{mm} \cdot 14 \text{mm} + (8.5 \text{mm} + 2 \cdot 15 \text{mm}) \cdot 14 \text{mm} = 2024 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_v > \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$\eta := 1.0$$

$$h_w := 152 \text{mm}$$

$$t_w := 9.5 \text{mm}$$

$$V_{c,Rd} := \frac{A_v \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 274.611 \cdot \text{kN}$$

$$\text{KAAVA 14}$$

$$\frac{V_{\text{Ed}}}{V_{c,Rd}} = 14.93\%$$

**TAIPUMA**Kuormat KRT:

$$G_{krt} := \frac{17.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2 + 18.07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{3} + 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 17.937 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{KAAVA 11}$$

$$w := 2.96 \text{ mm}$$

$$L / 1182$$

KAAVA 12

**Reunapalkit MRT**

$$G_{Ed} := 10.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + G_{k.palkki} = 10.925 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} := 12.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := 21.5 \text{ kN}$$

**TAIVUTUSMITOITUS**

$$M_{c.Rd} := \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 113.035 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{KAAVA 13}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}} = 10.793 \cdot \%$$

**LEIKKAUSMITOITUS**

$$A_v := 6525 \text{ mm}^2 - 2 \cdot 180 \text{ mm} \cdot 14 \text{ mm} + (8.5 \text{ mm} + 2 \cdot 15 \text{ mm}) \cdot 14 \text{ mm} = 2024 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_v > \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$\eta := 1.0$$

$$h_w := 152 \text{ mm}$$

$$t_w := 9.5 \text{ mm}$$

$$V_{c.Rd} := \frac{A_v \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 274.611 \cdot \text{kN}$$

KAAVA 14

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c.Rd}} = 7.829 \cdot \%$$

**TAIPUMA**Kuormat KRT:

$$G_{\text{krt}} := 9.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 9.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

KAAVA 11

$$w := 1.57\text{mm}$$

L / 2229

**KUORMAT PYSTYTUILLE:**

Keskipalkit

Reunapalkit

1 35.36kN / tuki

1 18.57kN / tuki

2 67.77kN / tuki

2 35.60kN / tuki

**Aukon pielitopat****Keskitalpat**

3kpl 125mm x 125mm

**MITOITUS NURJAHDUKSELLE**mitoitusehto:  $\sigma_{c.0.d} \leq k_c \cdot f_{c.0.d}$ 

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 0.893$$

$$\beta_c := 0.2 \quad \text{sahatavara, alkukäyryys } L / 300$$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 0.958$$

$$k_c := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.766$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{67.77 \text{ kN}}{125 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}} = 4.337 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod} \cdot K \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 9.75 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$L_c := 1900 \text{ mm}$$

$$i := \sqrt{\frac{20.345 \cdot 10^6}{1.563 \cdot 10^4}} = 36.079$$

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i} = 52.663$$

$$N_{Ed} := 67.77 \text{ kN}$$

KAAVA 10

KAAVA 9

$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 58.051 \cdot \%$
--

**Reunatolpat**  
100mm x 100mm

### MITOITUS NURJAHDUKSELLE

mitoitusehto:  $\sigma_{c.0.d} \leq k_c \cdot f_{c.0.d}$

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.116$$

$$\beta_c := 0.2 \quad \text{sahatavara, alkukäyryys } L / 300$$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 1.204$$

$$k_c := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.603$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{35.60 \text{ kN}}{100 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}} = 3.56 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod} \cdot K \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 9.75 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$L_c := 1900 \text{ mm}$$

$$i := \sqrt{\frac{8.333 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^4}} = 28.867$$

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i} = 65.819$$

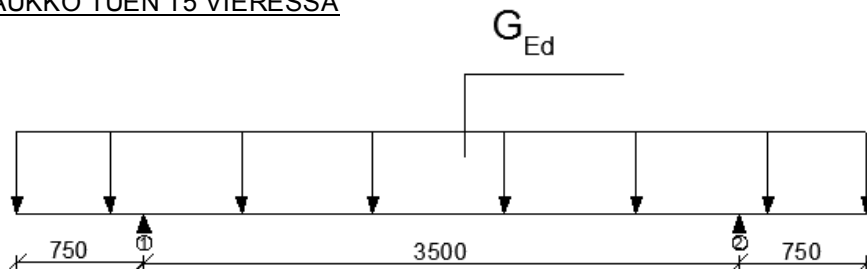
$$N_{Ed} := 35.60 \text{ kN}$$

KAAVA 10

KAAVA 9

$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 60.509 \cdot \%$
--



AUKKO TUEN T5 VIERESSÄ**Keskipalkit MRT**

$$G_{Ed} := \frac{19.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2 + 20.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{3} + G_{k.palkki} = 20.625 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} := 25.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := 36.1 \text{ kN}$$

**TAIVUTUSMITOITUS**

$$M_{c.Rd} := \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 113.035 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{KAAVA 13}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}} = 22.825 \cdot \%$$

**LEIKKAUSMITOITUS**

$$A_v := 6525 \text{ mm}^2 - 2 \cdot 180 \text{ mm} \cdot 14 \text{ mm} + (8.5 \text{ mm} + 2 \cdot 15 \text{ mm}) \cdot 14 \text{ mm} = 2024 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_v > \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$\eta := 1.0$$

$$h_w := 152 \text{ mm}$$

$$t_w := 9.5 \text{ mm}$$

$$V_{c.Rd} := \frac{A_v \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 274.611 \cdot \text{kN} \quad \text{KAAVA 14}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c.Rd}} = 13.146 \cdot \%$$

**TAIPUMA**Kuormat KRT:

$$G_{krt} := \frac{17.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2 + 18.07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{3} + 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 17.937 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

KAAVA 11

$$w := 3.48 \text{ mm}$$

$$L / 1005$$

**Reunapalkit MRT**  $G_{Ed.I} := 10.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + G_{k.palkki} = 10.835 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$M_{Ed} := 13.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $V_{Ed} := 19 \text{ kN}$

**TAIVUTUSMITOITUS**

$$M_{c.Rd} := \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 113.035 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

KAAVA 13

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}} = 11.943 \cdot \%$$

**LEIKKAUSMITOITUS**

$$A_v := 6525 \text{ mm}^2 - 2 \cdot 180 \text{ mm} \cdot 14 \text{ mm} + (8.5 \text{ mm} + 2 \cdot 15 \text{ mm}) \cdot 14 \text{ mm} = 2024 \cdot \text{mm}^2$$

$A_v > \eta \cdot h_w \cdot t_w$   $\eta := 1.0$   $h_w := 152 \text{ mm}$   $t_w := 9.5 \text{ mm}$

$$V_{c.Rd} := \frac{A_v \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 274.611 \cdot \text{kN}$$

KAAVA 14

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c.Rd}} = 6.919 \cdot \%$$

**TAIPUMA**Kuormat KRT:

$$G_{krt} := 9.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 10.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

KAAVA 11

$w := 1.84 \text{ mm}$

L / 1902

**KUORMAT PYSTYTUILLE:**

Keskিপalkit

Reunapalkit

1 51.56kN / tuki

1 27.09kN / tuki

2 51.56kN / tuki

2 27.09kN / tuki

**Aukon pielitolpat****Keskitolpat**

3kpl 125mm x 125mm

**MITOITUS NURJAHDUKSELLE**mitoitusehto:  $\sigma_{c0.d} \leq k_c \cdot f_{c0.d}$ 

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c0.k}}{E_{0.05}}} = 1.034$$

$$\beta_c := 0.2 \quad \text{sahatavara, alkukäyryys } L / 300$$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 1.108$$

$$k_c := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.664$$

$$\sigma_{c0.d} := \frac{51.56 \text{ kN}}{125 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}} = 3.3 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c0.d} := \frac{k_{mod} \cdot K \cdot f_{c0.k}}{\gamma_M} = 9.75 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 9

$\frac{\sigma_{c0.d}}{k_c \cdot f_{c0.d}} = 50.971 \cdot \%$
--

$$L_c := 2200 \text{ mm}$$

$$i := \sqrt{\frac{20.345 \cdot 10^6}{1.563 \cdot 10^4}} = 36.079$$

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i} = 60.978$$

$$N_{Ed} := 51.56 \text{ kN}$$

**Reunatolpat**  
100mm x 100mm

### MITOITUS NURJAHDUKSELLE

mitoitusehto:  $\sigma_{c.0.d} \leq k_c \cdot f_{c.0.d}$

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.292$$

$$\beta_c := 0.2 \quad \text{sahatavara, alkukäyryys } L / 300$$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 1.434$$

$$k_c := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.486$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{27.09 \text{ kN}}{100 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}} = 2.709 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod} \cdot K \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 9.75 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$L_c := 2200 \text{ mm}$$

$$i := \sqrt{\frac{8.333 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^4}} = 28.867$$

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i} = 76.212$$

$$N_{Ed} := 27.09 \text{ kN}$$

KAAVA 10

KAAVA 9

$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 57.136 \cdot \%$
--

**TELINEIDEN JÄYKISTÄMINEN**

**Puutelineosan ja betonin omapaino:**

$$g_{k.1} := 68.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Katuaukot:**

$$g_{k.a1} := 68.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 6 \cdot 1.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 76.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Kevyen liikenteen aukot:**

$$g_{k.a2} := 68.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 5 \cdot 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 71 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**TUULIKUORMA**

Maastoluokka 3       $z_{\min} := 5\text{m}$

**tuulen nopeuspaineen ominaisarvo:**

$$c_{\text{prob}} := 0.85$$

$$q_{p.0.Z} := 0.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot c_{\text{prob}} = 0.297 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**tuulen nopeuden modifioimaton perusarvo:**

$$v_{b.0} := 18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**Tuulikuorman ominaisarvo kannen muottiin:**

$$z_0 := 0.3\text{m} \quad z_{0,II} := 0.05\text{m}$$

$$z := 8\text{m} \quad C_s C_d := 1.00$$

$$\text{maastokerroin:} \quad k_r := 0.19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07} = 0.215$$

$$\text{pinnanmuotokerroin:} \quad c_o(z) := 1.0$$

$$\text{rosoisuuskero:} \quad c_r := k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0.707 \quad ; \text{ kun } z > z_{\min}$$

$$\text{vuodenaikakerroin:} \quad c_{\text{season}} := 1.00$$

$$\text{suuntakerroin:} \quad c_{\text{dir}} := 1.00$$

$$\text{pyörteisyyskerroin:} \quad k_l := 1.00$$

**tuulennopeuden perusarvo:**

$$v_b := c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot v_{b,0} = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**tuulen nopeuden modifioitu perusarvo:**

$$v_m := c_r \cdot c_o(z) \cdot v_b = 12.73 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Turbulenssin keskihajonta:

$$\sigma_v := k_r \cdot v_b \cdot k_l = 3.877 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tuulen puuskien intensiteetti

$$I_v := \frac{\sigma_v}{v_m} = 0.305$$

Nopeuspaineen perusarvo:

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot v_b^2 = 0.203 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad c_e(z) := 1.5$$

**korkeudella 8m vaikuttava puuskanopeuspaine:**

$$q_{p,z} := c_e(z) \cdot q_b = 0.304 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Kannen muotin voimakerroin puuteline osalla d/b= 5.3m/1.45m:**

$$c_{f,0,m1} := 1.35$$

**Kannen muotin voimakerroin katuaukkojen kohdalla d/b= 5.3m/1.7m:**

$$c_{f,0,a1} := 1.4$$

**Kannen muotin voimakerroin kl-aukkojen kohdalla d/b= 5.3m/1.5m:**

$$c_{f,0,a2} := 1.36$$

**Kannen muotin tuulikuormat:**

puutelineosa

$$q_{w,m1} := C_s C_d \cdot c_{f,0,m1} \cdot q_{p,z} \cdot 1.45 = 0.595 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

katuaukot

$$q_{w,ma1} := C_s C_d \cdot c_{f,0,a1} \cdot q_{p,z} \cdot 1.7 = 0.723 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

kevyen liikenteen aukot

$$q_{w,ma2} := C_s C_d \cdot c_{f,0,a2} \cdot q_{p,z} \cdot 1.5 = 0.62 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Tuulikuorman ominaisarvot telineen yhtä pystytukiriviä kohden:**

$$z := 4 \text{ m}$$

**Telineisiin vaikuttava tuulen puuskanopeuspaine:**

$$q_{p,z} := c_e(z) \cdot q_b = 0.304 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$c_{r,\text{teline}} := k_r \cdot 5 = 1.077 \quad ; \text{ kun } z < z_{\min}$$

$$v_{m,\text{teline}} := c_{r,\text{teline}} \cdot c_o(z) \cdot v_b = 19.385 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$I_{v,\text{teline}} := \frac{\sigma_v}{v_{m,\text{teline}}} = 0.2$$

**PUUTELINEOSA**

$$A_{pt} := 5\text{m} \cdot 0.1\text{m} + (2 + \sqrt{2}) \cdot 0.1025\text{m}^2 = 0.85\text{m}^2$$

$$A_c := 5\text{m} \cdot 1.125\text{m} = 5.625\text{m}^2$$

$$A_{pt,\text{tot}} := 5 \cdot A_{pt} = 4.25\text{m}^2$$

$$\varphi := \frac{A_{pt}}{A_c} = 0.151$$

$$c_{f,0,\text{teline}} := 1.73$$

$$u := 0.84$$

$$\lambda_{pt} := 70$$

$$\psi_{\lambda,pt} := 1.0$$

Huomioidaan yhdessä toimivien peräkkäisten rakenne osien vaikutus ohjeen RIL 144-2002 kohdan 4.236 mukaan kertoimella **u**

**Telineen voimakerroin:**

$$c_{f,\text{teline}} := c_{f,0,\text{teline}} \cdot \psi_{\lambda,pt} = 1.73$$

**Telineiden tuulikuorma tukiriviä kohden puutelineosalla:**

$$F_{w,pt1} := C_s C_d \cdot c_{f,\text{teline}} \cdot \left[ 1 + \sum_{n=1}^4 (u)^n \right] \cdot A_{pt} \cdot q_{p,z} = 1.624 \cdot \text{kN}$$



**KATUAUKON PIELET**

$$A_{pt} := 5.5m \cdot 0.15m + 3 \cdot (0.1m \cdot 0.425m) + 0.064m \cdot \sqrt{2} \cdot 0.425m = 0.991 m^2$$

$$A_c := 5.5m \cdot 6m = 33 m^2$$

$$A_{pt.tot} := 6 \cdot A_{pt} = 5.946 m^2$$

$$\varphi := \frac{A_{pt}}{A_c} = 0.03$$

$$c_{f,0.teline} := 1.93$$

$$u := 0.93$$

$$\lambda_{pt} := 70$$

$$\psi_{\lambda.pt} := 0.9$$

**Telineen voimakerroin:**

$$c_{f.teline} := c_{f,0.teline} \cdot \psi_{\lambda.pt} = 1.737$$

**Telineiden tuulikuorma tukiriviä kohden katuaukon pielissä:**

$$F_{w.pta1} := C_s C_d \cdot c_{f.teline} \cdot \left[ 1 + \sum_{n=1}^5 (u)^n \right] \cdot A_{pt} \cdot q_{p,z} = 2.637 \cdot kN$$

**KL-AUKON PIELET**

$$A_{pt} := 5.5m \cdot 0.125m + 3 \cdot (0.1m \cdot 0.775m) = 0.92m^2$$

$$A_c := 5.5m \cdot 2.3m = 12.65m^2$$

$$A_{pt.tot} := 6 \cdot A_{pt} = 5.52m^2$$

$$\varphi := \frac{A_{pt}}{A_c} = 0.073$$

$$c_{f,0.teline} := 1.9$$

$$u := 0.93$$

$$\lambda_{pt} := 70$$

$$\psi_{\lambda.pt} := 0.9$$

**Telineen voimakerroin:**

$$c_{f.teline} := c_{f,0.teline} \cdot \psi_{\lambda.pt} = 1.71$$

**Telineiden tuulikuorma tukiriviä kohden kl-aukkojen pielissä:**

$$F_{w.pta2} := CsCd \cdot c_{f.teline} \cdot \left[ 1 + \sum_{n=1}^4 (u)^n \right] \cdot A_{pt} \cdot q_{p,z} = 2.077 \cdot kN$$

**Kuormien mitoitusarvot, MRT:**

Kuormitusyhdistelmä rakenteen staattiselle tasapainolle murtorajatilassa, EQU:

$$\left. \begin{matrix} 1.1 \cdot K_{fi} \\ 0.9 \end{matrix} \right\} \Sigma G_{k,j} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot Q_{k,1} + 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \Sigma \psi_0 \cdot Q_{k,i}$$

KAAVA 15

$$\psi_{0.tuuli} := 0.6$$

**Kuormat omastapainosta:**

KAAVA 15

$$G_{k1} := 0.9 \cdot g_{k.1} = 61.65 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

puutelineosa

$$G_{k2} := 0.9 \cdot g_{k.a1} = 69.21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

katuaukot

$$G_{k3} := 0.9 \cdot g_{k.a2} = 63.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

kevyenliikenteen aukot

**Tuulikuormat kannen muottiin:**

$$Q_{w.m1} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot q_{w.m1} = 0.892 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

puutelineosa

$$Q_{w.ma1} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot q_{w.ma1} = 1.084 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

katuaukot

$$Q_{w.ma2} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot q_{w.ma2} = 0.929 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

kevyenliikenteen aukot

**Tuulikuorma pystytukiin:**

$$Q_{w.pt1} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot F_{w.pt1} = 2.436 \cdot \text{kN}$$

puutelineosa

$$Q_{w.pta1} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot F_{w.pta1} = 3.955 \cdot \text{kN}$$

katuaukot

$$Q_{w.pta2} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot F_{w.pta2} = 3.116 \cdot \text{kN}$$

kevyenliikenteen aukot

$$Q_{valu} := 1.5 \cdot K_{fi} \cdot \psi_0 \cdot 1.5 \text{ kN} = 2.25 \cdot \text{kN}$$

valun aikainen vaakakuorma

**JÄYKISTYS SILLAN POIKKISUUNTAAN**

Vinositeet 45° kulmassa

**1 Puutelineosat**

Siteiden suuntainen kuorma:

$$F_{h.G} := \sqrt{2} \cdot 1.125m \cdot 0.03 \cdot G_{k1} + \sqrt{2} \cdot Q_{valu} = 6.125 \cdot kN / rivi$$

$$F_{h.w} := \sqrt{2} \cdot \left( 1.125m \cdot 1.45m \cdot \psi_{0.tuuli} \cdot Q_{w.m1} + \frac{Q_{w.pt1}}{2} \right) = 2.957 \cdot kN / rivi$$

$$F_{h.n} := F_{h.G} + F_{h.w} = 9.082 \cdot kN / rivi$$

Poikkisuuntaiset vinositeet 32x100 tai 50x100

**Vinositeet 32 x 100:**

$$b_{vinoside} := 32mm$$

$$h_{vinoside} := 100mm$$

$$A_{vinoside} := b_{vinoside} \cdot h_{vinoside} = 3.2 \times 10^3 \cdot mm^2$$

**MITOITUS VEDOLLE**

$$\text{mitoitusehto: } \sigma_{t.0.d} \leq f_{t.0.d}$$

Vinositeitä y kpl / pystytukirivi

$$y := 2$$

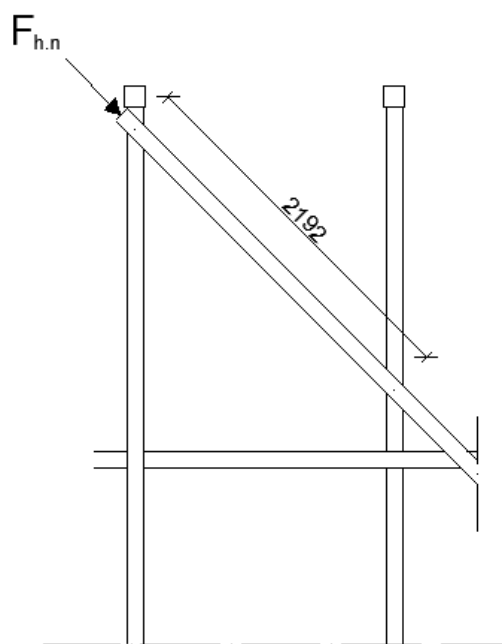
$$\sigma_{t.0.d} := \frac{F_{h.n}}{y \cdot A_{vinoside}} = 1.419 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

KAAVA 16

$$f_{t.0.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot f_{t.0.k}}{\gamma_M} = 9 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

KAAVA 17

$$\frac{\sigma_{t.0.d}}{f_{t.0.d}} = 15.767 \cdot \%$$



**Naulaliitos 32 x 100** (sillan poikkisuunnan vinositeet)

$$3.1 \times 90 \quad d := 3.1 \quad L_{\text{naula}} := 90 \quad t_1 := 32 \quad t_2 := 100$$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:  
Naulat:

$$R_k := 120 \text{ N} \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.087$$

$$k_t = \max \{$$

$$k_t := 2.013$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 2.013$$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{v,d} := \frac{k_{\text{mod.H}}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 1.063 \cdot \text{kN} \quad \text{KAAVA 5}$$

Leikkausvoiman mitoitusarvo:

$$F_{h,n} = 9.082 \cdot \text{kN}$$

Nauloja **n** kpl / side

$$n := 5$$

Naulojen lukumäärä **x** :

$$x := y \cdot n = 10$$

$$\frac{F_{h,n}}{F_{v,d} \cdot x} = 85.4 \cdot \%$$

**Vinositeet 50 x 100:**

$$b_{\text{vinoside}} := 50 \text{ mm}$$

$$h_{\text{vinoside}} := 100 \text{ mm}$$

$$A_{\text{vinoside}} := b_{\text{vinoside}} \cdot h_{\text{vinoside}} = 5 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$L_{\text{c.vinoside}} := \sqrt{2} \cdot 1550 = 2192.031 \text{ mm}$$

$$W_{\text{vinoside}} := \frac{(b_{\text{vinoside}} \cdot h_{\text{vinoside}}^2)}{6} = 8.333 \times 10^4 \cdot \text{mm}^3$$

$$I_{\text{vinoside}} := \frac{(b_{\text{vinoside}} \cdot h_{\text{vinoside}}^3)}{12} = 4.167 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{\text{z.vinoside}} := \frac{(h_{\text{vinoside}} \cdot b_{\text{vinoside}}^3)}{12} = 1.042 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$i := \sqrt{\frac{1.042 \cdot 10^6}{5 \cdot 10^3}} = 14.436$$

$$\lambda_z := \frac{2192}{i} = 151.842$$

**MITOITUS NURJAHDUKSELLE**

$$\text{mitoitusehto: } \sigma_{\text{c0.d}} \leq k_{\text{c}} \cdot f_{\text{c0.d}}$$

$$\lambda_{\text{rel}} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{\text{c0.k}}}{E_{0.05}}} = 2.575$$

$$\beta_{\text{c}} := 0.2$$

$$k_z := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_{\text{c}} \cdot (\lambda_{\text{rel}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}}^2 \right] = 4.042$$

$$k_{\text{c}} := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel}}^2}} = 0.14$$

Vinositeitä **y** kpl / rivi

$$y := 1$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{F_{h.n}}{y \cdot A_{vinoside}} = 1.816 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 13.5 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

KAAVA 9

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 96.308 \cdot \%$$

**Naulaliitos 50 x 100** (sillan poikkisuunnan vinositeet)

$$3.1 \times 90$$

$$d := 3.1$$

$$L_{naula} := 90$$

$$t_1 := 50$$

$$t_2 := 100$$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:  
Naulat:

$$R_k := 120N \cdot d^{1.7} = 821.289 N$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.305$$

$$k_t = \max \{$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 2.013$$

$$k_t := 2.013$$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{v.d} := \frac{k_{mod.H}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 1.063 \cdot kN \quad KAAVA 5$$

Leikkausvoiman mitoitusarvo:

$$F_{h.n} = 9.082 \cdot kN$$

Nauloja **n** kpl / side

$$n := 5$$

Naulojen lukumäärä **x** :

$$x := y \cdot n = 5$$

$$\frac{F_{h.n}}{F_{v.d} \cdot x} = 170.9 \cdot \%$$

**2 Katuaukkojen pielet****Siteiden suuntainen kuorma:**

$$F_{h.G} := \sqrt{2} \cdot 6m \cdot 0.03 \cdot G_{k2} + \sqrt{2} \cdot Q_{valu} = 20.8 \cdot kN \quad / \text{ rivi}$$

$$F_{h.w} := \sqrt{2} \cdot \left( 6m \cdot 1.7m \cdot Q_{w.ma1} \cdot \psi_{0.tuuli} + \frac{Q_{w.pta1}}{2} \right) = 12.182 \cdot kN \quad / \text{ rivi}$$

$$F_{h.n} := F_{h.G} + F_{h.w} = 32.982 \cdot kN / \text{ rivi}$$

**Vinositeet 50 x 100:**

$$b_{vinoside} := 50mm$$

$$h_{vinoside} := 100mm$$

$$A_{vinoside} := b_{vinoside} \cdot h_{vinoside} = 5 \times 10^3 \cdot mm^2$$

$$L_{c.vinoside} := \sqrt{2} \cdot 1350 = 1909.188 \text{ mm}$$

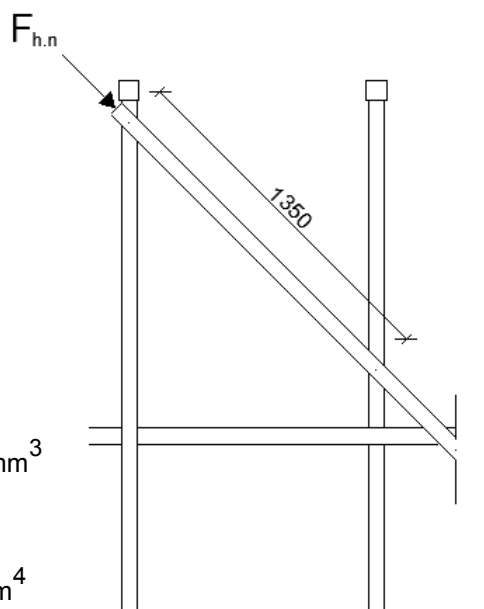
$$W_{vinoside} := \frac{(b_{vinoside} \cdot h_{vinoside}^2)}{6} = 8.333 \times 10^4 \cdot mm^3$$

$$I_{vinoside} := \frac{(b_{vinoside} \cdot h_{vinoside}^3)}{12} = 4.167 \times 10^6 \cdot mm^4$$

$$I_{z.vinoside} := \frac{(h_{vinoside} \cdot b_{vinoside}^3)}{12} = 1.042 \times 10^6 \cdot mm^4$$

$$i := \sqrt{\frac{1.042 \cdot 10^6}{5 \cdot 10^3}} = 14.436$$

$$\lambda_z := \frac{1909}{i} = 132.238$$





**MITOITUS VEDOLLE**mitoitusehto:  $\sigma_{t.0.d} \leq f_{t.0.d}$ Vinositeitä **y** kpl / tukilinja

$$y := 4$$

$$\sigma_{t.0.d} := \frac{F_{h.n}}{y \cdot A_{\text{vinoside}}} = 1.649 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 16

$$f_{t.0.d} := \frac{k_{\text{mod.H}} \cdot f_{t.0.k}}{\gamma_M} = 9 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 17

$$\frac{\sigma_{t.0.d}}{f_{t.0.d}} = 18.323\%$$

**MITOITUS NURJAHDUKSELLE**mitoitusehto:  $\sigma_{c.0.d} \leq k_c \cdot f_{c.0.d}$ 

$$\lambda_{\text{rel}} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 2.242$$

$$\beta_c := 0.2$$

$$k_z := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}}^2 \right] = 3.208$$

$$k_c := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel}}^2}} = 0.182$$

Vinositeitä **y** kpl / rivi

$$y := 4$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{F_{h.n}}{y \cdot A_{\text{vinoside}}} = 1.649 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{\text{mod.H}} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 13.5 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 9

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 67.22\%$$

**Naulaliitos 50 x 100** (sillan poikkisuunnan vinositeet)

$$3.1 \times 90 \quad d := 3.1 \quad L_{\text{naula}} := 90 \quad t_1 := 50 \quad t_2 := 150$$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:  
Naulat:

$$R_k := 120 \text{ N} \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.305$$

$$k_t = \max \{$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 2.819$$

$$k_t := 2.819$$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{v.d} := \frac{k_{\text{mod.H}}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 1.488 \cdot \text{kN}$$

KAAVA 5

Leikkausvoiman mitoitusarvo:

$$F_{h.n} = 32.982 \cdot \text{kN}$$

Nauloja **n** kpl / side

$$n := 6$$

Naulojen lukumäärä **x** :

$$x := y \cdot n = 24$$

$$\frac{F_{h.n}}{F_{v.d} \cdot x} = 92.3 \cdot \%$$

### 3 Kevyenliikenteen aukkojen pielet

Siteiden suuntainen kuorma:

$$F_{h.G} := \sqrt{2} \cdot 3.65m \cdot 0.03 \cdot G_{k3} + \sqrt{2} \cdot Q_{valu} = 13.077 \cdot kN \quad / \text{ rivi}$$

$$F_{h.W} := \sqrt{2} \cdot \left( 3m \cdot 1.5m \cdot Q_{w.ma2} \cdot \psi_{0.tuuli} + \frac{Q_{w.pta2}}{2} \right) = 5.753 \cdot kN \quad / \text{ rivi}$$

$$F_{h.n} := F_{h.G} + F_{h.W} = 18.83 \cdot kN \quad / \text{ rivi}$$

#### Vinositeet 50 x 100:

$$b_{vinoside} := 50mm$$

$$h_{vinoside} := 100mm$$

$$A_{vinoside} := b_{vinoside} \cdot h_{vinoside} = 5 \times 10^3 \cdot mm^2$$

$$L_{c.vinoside} := \sqrt{2} \cdot 1550 = 2192.031 \quad mm$$

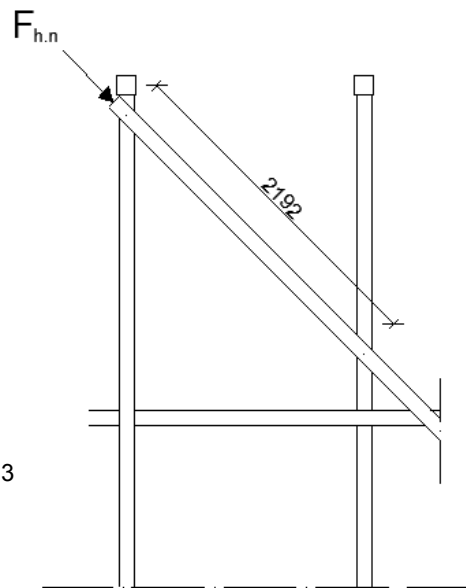
$$W_{vinoside} := \frac{(b_{vinoside} \cdot h_{vinoside}^2)}{6} = 8.333 \times 10^4 \cdot mm^3$$

$$I_{vinoside} := \frac{(b_{vinoside} \cdot h_{vinoside}^3)}{12} = 4.167 \times 10^6 \cdot mm^4$$

$$I_{z.vinoside} := \frac{(h_{vinoside} \cdot b_{vinoside}^3)}{12} = 1.042 \times 10^6 \cdot mm^4$$

$$i := \sqrt{\frac{1.042 \cdot 10^6}{5 \cdot 10^3}} = 14.436$$

$$\lambda_z := \frac{2192}{i} = 151.842$$



**MITOITUS VEDOLLE**

$$\text{mitoitusehto: } \sigma_{t.0.d} \leq f_{t.0.d}$$

Vinositeitä **y** kpl / tukilinja

$$y := 2$$

$$\sigma_{t.0.d} := \frac{F_{h.n}}{y \cdot A_{\text{vinoside}}} = 1.883 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 16

$$f_{t.0.d} := \frac{k_{\text{mod.H}} \cdot f_{t.0.k}}{\gamma_M} = 9 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 17

$$\frac{\sigma_{t.0.d}}{f_{t.0.d}} = 20.922 \cdot \%$$

**MITOITUS NURJAHDUKSELLE**

$$\text{mitoitusehto: } \sigma_{c.0.d} \leq k_c \cdot f_{c.0.d}$$

$$\lambda_{\text{rel}} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 2.575$$

$$\beta_c := 0.2$$

$$k_z := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}}^2 \right] = 4.042$$

$$k_c := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel}}^2}} = 0.14$$

Vinositeitä **y** kpl / rivi  $y := 2$ 

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{F_{h.n}}{y \cdot A_{\text{vinoside}}} = 1.883 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{\text{mod.H}} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 13.5 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 9

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 99.842 \cdot \%$$

**Naulaliitos 50 x 100** (sillan poikkisuunnan vinositeet)

$$3.1 \times 90 \quad d := 3.1 \quad L_{\text{naula}} := 90 \quad t_1 := 50 \quad t_2 := 100$$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:  
Naulat:

$$R_k := 120 \text{ N} \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.305$$

$$k_t = \max \{$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 2.013$$

$$k_t := 2.013$$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{v.d} := \frac{k_{\text{mod.H}}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 1.063 \cdot \text{kN} \quad \text{KAAVA 5}$$

Leikkausvoiman mitoitusarvo:

$$F_{h.n} = 18.83 \cdot \text{kN}$$

Nauloja **n** kpl / side

$$n := 6$$

Naulojen lukumäärä **x** :

$$x := y \cdot n = 12$$

$$\frac{F_{h.n}}{F_{v.d} \cdot x} = 147.6 \cdot \%$$

$$n := 9$$

$$x := y \cdot n = 18$$

$$\frac{F_{h.n}}{F_{v.d} \cdot x} = 98.4 \cdot \%$$

**JÄYKISTYS SILLAN PITUUSSUUNTAAN:**

Vinositeet 32 x 100

$$L_c := \sqrt{2} \cdot 1.1 \text{ m} = 1.556 \text{ m} \quad A_{\text{vinoside}} := 32 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm} = 3.2 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\lambda_z := \frac{\sqrt{2} \cdot 1100}{9.27} = 167.814$$

**vaakasuuntaiset kuormat:**

$$F_{H.\text{silta}} := 0.03 \cdot G_{k1} \cdot 83 \text{ m} + 0.03 \cdot G_{k2} \cdot 2 \cdot 12 \text{ m} + 0.03 \cdot G_{k3} \cdot 2 \cdot 5 \text{ m} = 222.51 \cdot \text{kN}$$

**1 Puutelineosat**

Vinositeet 3 kpl 32 x 100 k 4500 mm

$$F_{h.n} := 4.5 \text{ m} \cdot \sqrt{2} \cdot 0.03 \cdot G_{k1} = 11.77 \cdot \text{kN}$$

**MITOITUS NURJAHDUKSELLE**mitoitusehto:  $\sigma_{c0.d} \leq k_c \cdot f_{c0.d}$ 

$$\lambda_{\text{rel}} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c0.k}}{E_{0.05}}} = 2.846$$

$$\beta_c := 0.2$$

$$k_z := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel}}^2 \right] = 4.803$$

$$k_c := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel}}^2}} = 0.115$$

Vinositeitä **y** kpl

$$y := 3$$

$$\sigma_{c0.d} := \frac{F_{h.n}}{y \cdot A_{\text{vinoside}}} = 1.226 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c0.d} := \frac{k_{\text{mod.H}} \cdot f_{c0.k}}{\gamma_M} = 13.5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 9

$$\frac{\sigma_{c0.d}}{k_c \cdot f_{c0.d}} = 78.766 \cdot \%$$

**Naulaliitos** (puutelineosa pituussuunnassa)

Naulat: 3.1 x 90       $d := 3.1$        $L_{\text{naula}} := 90$        $t_1 := 32$        $t_2 := 100$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:  $R_k := 120 \text{ N} \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.087$$

$k_t = \max \{$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 2.013$$

$k_t := 2.013$

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{v,d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot H}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 1.063 \cdot \text{kN}$$

KAAVA 5

Leikkausvoiman mitoitusarvo:

$$F_{V,Ed} := F_{h,n}$$

Nauloja  $n$  kpl / side

$$n := 5$$

Naulojen lukumäärä  $x$  :

$$x := y \cdot n = 15$$

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{v,d} \cdot x} = 73.8 \cdot \%$$

**2 liikenneaukon pielet**

$$F_{h.n} := \sqrt{2} \cdot (6m \cdot 0.03 \cdot G_{k2} + 3m \cdot 0.03 \cdot G_{k1}) = 25.465 \cdot kN \quad / \text{pielirivi}$$

**MITOITUS NURJAHDUKSELLE**

$$\text{mitoitusehto:} \quad \sigma_{c.0.d} \leq k_c \cdot f_{c.0.d}$$

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 2.846$$

$$\beta_c := 0.2$$

$$k_z := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 4.803$$

$$k_c := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.115$$

Vinositeitä y kpl

$$y := 8$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{F_{h.n}}{y \cdot A_{vinoside}} = 0.995 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 13.5 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

KAAVA 9

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 63.904 \cdot \%$$

**Naulaliitos (puutelineosa pituussuunnassa)**

$$\text{Naulat:} \quad 3.1 \times 90 \quad d := 3.1 \quad L_{naula} := 90$$

$$\text{Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:} \quad R_k := 120N \cdot d^{1.7} = 821.289 N$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.087$$

$$k_t = \max \{$$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 2.013$$

$$k_t := 2.013$$



Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:

$$F_{V.d} := \frac{k_{mod.H}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 1.063 \cdot \text{kN}$$

KAAVA 5

Leikkausvoiman mitoitusarvo:

$$F_{V.Ed} := F_{h.n}$$

Nauloja **n** kpl / side

$$n := 5$$

Naulojen lukumäärä **x** :

$$x := y \cdot n = 40$$

$$\frac{F_{V.Ed}}{F_{V.d} \cdot x} = 59.9 \cdot \%$$

**3 kl-aukon pielet**

$$F_{h.n} := \sqrt{2} \cdot (2.5\text{m} \cdot 0.03 \cdot G_{k3} + 3.75\text{m} \cdot 0.03 \cdot G_{k1}) = 16.586 \cdot \text{kN} / \text{pieli}$$

**MITOITUS NURJAHUKSELLE**

$$\text{mitoitusehto: } \sigma_{c.0.d} \leq k_c \cdot f_{c.0.d}$$

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 2.846$$

$$\beta_c := 0.2$$

$$k_z := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 4.803$$

$$k_c := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.115$$

Vinositeitä **y** kpl

$$y := 4$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{F_{h.n}}{y \cdot A_{vinoside}} = 1.296 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 10

$$f_{c.0.d} := \frac{k_{mod.H} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 13.5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

KAAVA 9

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 83.246 \cdot \%$$

**Naulaliitos** (puutelineosa pituussuunnassa)

Naulat: 3.1 x 90       $d := 3.1$        $L_{\text{naula}} := 90$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden:  $R_k := 120N \cdot d^{1.7} = 821.289 \text{ N}$

$$1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.087$$

$$k_t = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d} = 1.087 \\ 1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} = 2.013 \end{array} \right. \quad k_t := 2.013$$


Leikkauskestävyyden mitoitusarvo:  $F_{v,d} := \frac{k_{\text{mod}} \cdot H}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot R_k = 1.063 \cdot \text{kN}$       KAAVA 5

Leikkausvoiman mitoitusarvo:  $F_{V,Ed} := F_{h,n}$

Nauloja **n** kpl / side       $n := 5$

Naulojen lukumäärä **x** :       $x := y \cdot n = 20$

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{v,d} \cdot x} = 78 \cdot \%$$

	S17 MYLLYKALLION RISTEYSSILTA; Itäinen silta		
	Espoo		
	16.10.2009 pvm	Tapio Käkönen Suunn.	1 / 6 Sivu

## TUKITELINE- JA MUOTTILASKELMAT

### Laskentaperusteet

- mitoitus suoritetaan sallittujen jännitysten menetelmää käyttäen

### Telinemateriaalit

#### Puutavara

- |                    |      |                       |
|--------------------|------|-----------------------|
| - sahatavara       | T 24 | kosteusluokka 3       |
| - pyöreä puutavara | T 30 | kosteusluokka 3       |
| - puupaalut        | T 30 | kosteusluokka 3 tai 4 |

#### Teräsrakenteet


- |                          |            |          |
|--------------------------|------------|----------|
| - putkipalkit ja -paalut | S 355 J 2H | tai vast |
| - muut teräsrakenteet    | S 235 J2GR | tai vast |

#### Muottisiteet


- |                   |            |          |
|-------------------|------------|----------|
| - näkyviin jäävät | AW 6082    | tai vast |
| - piiloon jäävät  | S 235 J2GR | tai vast |

### Kuormitukset

- |  |                     |   |
|--|---------------------|---|
| - betoni                                   | $h_{\max} = 880$ mm | $g_k = 22,0 \text{ kN / m}^2$                                 |
| - muotti                                   |                     | $g_k = 0,3 \text{ kN / m}^2$                                  |
| - valukuorma                               |                     | $q_k = 2,0 \text{ kN / m}^2$                                  |
| - kuormitusala $A > 3 \cdot 3 \text{ m}^2$ |                     |   |
| - valupaine                                |                     | $p_{\text{sall}} = 25,0 \text{ kN / m}^2 ; h < 1,0 \text{ m}$ |
| - max. nousunopeus $v < 0,5 \text{ m / h}$ |                     |   |
| - tuulikuorma                              | $h_{\max} = 8,0$ m  |   |
| - maastoluokka III                         |                     | $w_{k\max} = 0,34 \text{ kN / m}^2$                           |

	<b>S17 MYLLYKALLION RISTEYSSILTA; Itäinen silta</b> Espoo		
	16.10.2009 pvm	Suunn. Tapio Käkönen	Sivu 2

<b>Muottilauta</b>	paksuus	20	mm	T 24; kosteusluokka 3 mitoitus jatkuvana			
Kansilaatta							
Aikaluokka B	gk =	22,2	kN / m <sup>2</sup>	koolausjako k	450	mm	
Mg =	0,45	kNm / m	σg =	6,73	N / mm <sup>2</sup>	käyttöaste (ka)	61,6 %
Vg =	5,5	kN / m	τg =	0,41	N / mm <sup>2</sup>	ka.	37,6 %
fg =	1,4	mm	= L / 326	(AL C)	σ <sub>⊥g</sub> =	0,20	N / mm <sup>2</sup>
Päätypalkit							
Aikaluokka C	pk =	25,0	kN / m <sup>2</sup>	koolausjako k	450	mm	
Mp =	0,51	kNm / m	σp =	7,6	N / mm <sup>2</sup>	ka.	79,1 %
Vp =	5,6	kN / m	τp =	0,42	N / mm <sup>2</sup>	ka.	43,9 %
fp =	1,6	mm	= L / 289				
<b>Koolaus</b>							
	leveys	50	mm	T 24; kosteusluokka 3			
	korkeus	100	mm	mitoitus 3- aukkoisena			
Kansilaatta							
Aikaluokka B	gk =	22,3	kN / m <sup>2</sup>	koolausjako k	450	mm	
				niskajako k	900	mm	
Mg =	1,81	kNm / m	σg =	9,8	N / mm <sup>2</sup>	ka.	89,2 %
Vg =	7,8	kN / m	τg =	1,06	N / mm <sup>2</sup>	ka.	96,6 %
fg =	2,1	mm	= L / 439	σ <sub>⊥g</sub> =	1,45	N / mm <sup>2</sup>	
Päätypalkit							
Aikaluokka C	pk =	25,0	kN / m <sup>2</sup>	koolausjako k	450	mm	
				sidejuoksujako k	650	mm	
Mp =	1,32	kNm / m	σp =	7,1	N / mm <sup>2</sup>	ka.	74,3 %
Vp =	6,9	kN / m	τp =	0,94	N / mm <sup>2</sup>	ka.	97,6 %
fp =	0,5	mm	= L / 1299				

	<b>S17 MYLLYKALLION RISTEYSSILTA; Itäinen silta</b> Espoo	
	16.10.2009 <small>pvm</small>	Tapio Käkönen <small>Suunn.</small>
		3 <small>Sivu</small>

**Niskat**

korkeus  mm  
 leveys  mm

T 24; kosteusluokka 3  
 mitoitus 1- aukkoisena

**Aikaluokka B**

$g_{k \max} = 22,3 \text{ kN / m}^2$       niskajako  $k = \text{$  mm  
 $g_{k \text{ mit}} = 20,1 \text{ kN / m}$       tolppajako  $k = \text{$  mm  
 $L \text{ mit} = 1,08 \text{ m}$

$M_g = 2,90 \text{ kNm / m}$        $\sigma_g = 8,9 \text{ N / mm}^2$       ka. 81,5 %  
 $V_g = 9,0 \text{ kN / m}$        $\tau_g = 0,87 \text{ N / mm}^2$       ka. 79,3 %  
 $f_g = 3,3 \text{ mm}$        $= L / 326$       3 - aukkoisena  $f_g = 2,1 \text{ mm}$

**Aikaluokka C**

$p_{k \max} = 24,3 \text{ kN / m}^2$       niskajako  $k = \text{$  mm  
 $p_{k \text{ mit}} = 21,9 \text{ kN / m}$       tolppajako  $k = \text{$  mm  
 $L \text{ mit} = 1,08 \text{ m}$        $k = 4/(4 - g/p) = 1,30$

$M_p = 3,16 \text{ kNm / m}$        $\sigma_p = 9,7 \text{ N / mm}^2$       ka. 77,9 %  
 $V_p = 9,8 \text{ kN / m}$        $\tau_p = 0,94 \text{ N / mm}^2$       ka. 75,8 %  
 $f_p = 2,9 \text{ mm}$        $= L / 374$       3 - aukkoisena  $f_g = 1,8 \text{ mm}$


**Pystytolpat**

$h = \text{$  mm      T 24 - 3      niskajako  $k = \text{$  mm  
 $b = \text{$  mm      tolppajako  $k = \text{$  mm  
 $g_k = 22,3 \text{ kN / m}^2$        $k = 4/(4 - g/p) = 1,30$   
 $p_k = 24,3 \text{ kN / m}^2$

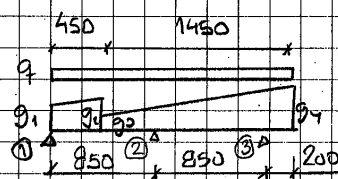
$N_{g \text{ mit}} = 22,6 \text{ kN/tolppa}$        $\sigma_g = 2,26 \text{ N / mm}^2$        $ks = 0,217$   
 $N_{p \text{ mit}} = 24,6 \text{ kN/tolppa}$        $\sigma_p = 2,46 \text{ N / mm}^2$        $ks = 0,208$

**Nurjahduspituus**

$L_c = \text{$  mm       $N_{g \text{ sall}} = 28,3 \text{ kN / tolppa}$   
 $\lambda = 72,75$        $ks = 0,272$        $N_{p \text{ sall}} = 32,1 \text{ kN / tolppa}$   
 $\alpha = 2,08$       ka. 79,9 %

	<b>S17 MYLLYKALLION RISTEYSSILTA; Itäinen silta</b>		
	Espoo		
	16.10.2009 pvm	Tapio Käkönen Suunn.	4 Sivu

<b>Telineperustukset</b>		pituussuuntaiset pelkat, sahausväli 150 mm	
Perustuksen leveys	B	150 mm	Perusmaa $\gamma = 19 \text{ kN / m}^2$
Perustamissyvyys	D 1	100 mm	Keskittiivis sora $\phi = 37^\circ$
Perustamissyvyys	D 2	100 mm	Kantavuuskertoimet $N_{g1} = 175$
Luiskakaltevuus	$\tan \beta_1$	0	Ballan mukaan $N_{q1} = 48$
	$\tan \beta_2$	1/4	$N_{g2} = 175$
Sallittu pohjarasitus	$\sigma_{\text{sall}} = 0,5 \cdot (B/2 \cdot N_g \cdot \gamma + D \cdot N_q \cdot \gamma) \cdot (1 - 0,5 \cdot \tan \beta)^5$		$N_{q2} = 48$
Pelkat tasamaalla		Pelkat luiskaosilla	
Pohjarasitus	$\sigma_{\text{sall}}$	171 kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{sall}}$ 154 kN/m <sup>2</sup>
Tolppajako	k	1125 mm	
Niskajako	k	900 mm	
Kuormitus	gk	22,3 kN / m <sup>2</sup>	
Pelkat tasamaalla		Pelkat luiskaosilla	
gk mit	20,1 kN / m	gk mit	20,1 kN / m
Max. pohjarasitus		Max. pohjarasitus	
$\sigma_{\text{max}}$	134 kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{max}}$	134 kN/m <sup>2</sup>
ka.	78,4 %	ka.	87,1 %
<b>Telinepainumat</b>			
liitososa	Leimapaine $\sigma_{\perp} \text{ (N / mm}^2\text{)}$	Kokoonpuristuma $\delta t \text{ (mm)}$	
laudoitus / koolaus	0,20	0,17	
koolaus / niskat	1,45	2,32	
niskat / tolpat	2,26	2,02	
tolpat / pelkat	2,26	2,42	
tolpat h = 5500 mm	2,26	2,39	
		$\sum \delta t$	9,3 mm
Perusmaan painumasta	7,8 mm	tasamaalla	
	8,7 mm	luiskaosilla	
Sillan telinekohotus	17 mm	tasamaalla	

Läätzulokkeet

koolius 50 x 100 k450

$$\left. \begin{array}{l} g_1 = 11,55 \text{ kN/m}^2 \\ g_2 = 14,8 \text{ " } \\ g_3 = 9,6 \text{ " } \\ g_4 = 22,3 \text{ " } \\ g_5 = 2,0 \text{ kN/m}^2 \end{array} \right\} k = 4 / (4 - 29,1 / 32,9) = 1,284$$

$$p_k = g_k + q_k$$

ALB / g kmit

$$\begin{array}{l} ① g = 3,9 \text{ kN/m} \\ ② g = 14,1 \text{ " } \\ ③ g = 11,1 \text{ " } \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_g = 1,01 \text{ N/mm}^2 \\ k_2 = 93 \% \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} V_g = 7,5 \text{ kN/m} \\ M_{gr} = -1,20 \text{ kN/m} \\ M_{gk} = -0,74 \text{ " } \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_g = 6,5 \text{ N/mm}^2 \\ k_2 = 60 \% \end{array} \right.$$

$$f_b = 0,9 \text{ mm}^2 \text{ L/1000}$$

ALC / p kmit

$$\begin{array}{l} ① p = 4,65 \text{ kN/m} \\ ② p = 16,2 \text{ " } \\ ③ p = 12,25 \text{ " } \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_p = 1,16 \text{ N/mm}^2 \\ k_2 = 54 \% \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} V_p = 8,5 \text{ kN/m} \\ M_{pr} = -1,38 \text{ kN/m} \\ M_{pk} = -0,88 \text{ " } \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_p = 7,5 \text{ N/mm}^2 \\ k_2 = 61 \% \end{array} \right.$$

$$f_p = 0,8 \text{ mm}$$

naulaliitos tiellä ①

$$n_{90} \times 2,1 ; G_{s21} = 0,48 \text{ kN/leike}$$

$$G_{90} = 0,45 \times 3,9 = 1,8 \text{ kN/liitos}$$

$$\Rightarrow 4 \times 90 \times 3,1 \text{ k450} \Rightarrow k_2 = 92 \%$$

Telineiden jäykistäminenoma paino

$$g_k = 8,21 \times 2,5 + 12,2 \times 0,3 = 20,9 \text{ kN/m ; puutelineas}$$

$$G_k = 9,25 \times 37,35 + 2 \times 74,1 = 494 \text{ kN/pästä ; (palkki + siivottuuri)}$$

tuulikuorma

$$w_k = 0,34 \text{ kN/m}^2 ; \text{maastokorkeus II}$$

kansi

$$w_m = (1,2 + 0,06 \times \frac{10,55}{1,40}) \times 1,40 \times 0,34 = 0,73 \text{ kN/m}$$

toipiru

$$\text{toipet 13 kpl } 100 \times 100 \text{ k125mm ; hmit = 5,0m}$$

$$\begin{array}{l} A = 5,0 \times 0,1 + (2 + \sqrt{2}) \times 0,1025 = 0,85 \text{ m}^2 \\ A_c = 5,0 \times 1,125 = 5,63 \text{ m}^2 \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \phi = 0,15 \Rightarrow CF = 1,20 \\ U = 0,65 \end{array} \right.$$

$$w_{pt} = 1,20 \left( 1 + \sum_{n=1}^{12} \frac{0,85^n}{2} \right) \times 0,85 \times 0,34 = 2,89 \text{ kN/toipperi}$$

Jäykitys sillan paikaisuntaan

vinosideet 45°:n kulmassa

$$\begin{array}{l} D_g = \sqrt{2} \times 0,011 \times 1,125 = 2,09 = 3,66 \text{ kN/rivi} \\ D_u = \sqrt{2} \times (1,125 \times 0,39 + 2,89/2) = 3,30 \text{ " } \end{array} \left\{ \begin{array}{l} D_p = 6,96 \text{ kN/rivi} \\ k = 1,151 \end{array} \right.$$

Vinosideet 32x100

$$L_c = \sqrt{2} \times 0,9 = 1,27 \text{ m}$$

$$\lambda = 137,5 \left\{ \begin{array}{l} D_{gs21} = 3,40 \text{ kN/side} \\ D_{ps21} = 3,4 \text{ " } \end{array} \right.$$

$$k_s = 0,102$$

$$5 \times 90 \times 3,1 / \text{side}$$

$$D_{gs21} = 5 \times 0,48 = 2,4 \text{ kN/rivi}$$

$$D_{ps21} = 5 \times 0,615 \times 1,151 = 3,56 \text{ kN/rivi}$$

Siteitä tarvitaan 2 kpl  $32 \times 100$  / rivi }  $D_{gsell} = 4,8 \text{ kN/rivi}$   
 $D_{psell} = 7,0 \text{ n}$

Jäykistys sillan pituussuuntaan

$H_{g1} = 0,011 \times 209 = 2,30 \text{ kN/m}$  ; sillan keskios =  $L_{mit} = 4,7 \text{ m}$

$H_{g2} = 0,011 \times (4,94 + 0,25 \times 209) = 6,0 \text{ kN/pääty}$

Vinositeet  $32 \times 100$   $\triangle 45^\circ$  n kulmassa

$4/5 \text{ n } 90 \times 3,1 / \text{side}$

$L_c = 1,1 \times \sqrt{2} = 1,55 \text{ m}$  }  $D_{gsell} = 2,4 \text{ kN}$

$\lambda = 167,0$ ;  $k_1 = 0,072$

$D_{gsell} = 1,9 / 2,4 \text{ kN/side}$

$D_{g1ot} = \sqrt{2} (4,7 \times 2,30 + 2 \times 6,0) = 17,0 \text{ kN/silta}$

a) Vinositeet päätyosille

$32 \times 100$ ;  $4 \text{ n } 90 \times 3,1 / \text{side}$

Siteitä 12 kpl / pääty  $\Rightarrow D_{gsell} = 2 \times 12 \times 0,48 = 4,6 \text{ kN}$

b) Vinositeet keskiosalle


$32 \times 100$ ;  $5 \text{ n } 90 \times 3,1 / \text{side}$

Siteet 7 kpl  $32 \times 100$   $k = 5625 \text{ mm}$  ; siteitä 9 kpl / rivi

$D_{gsell} = 7 \times 9 \times 2,4 = 15 \text{ kN}$

$\Rightarrow D_{sell} = 15 + 4,6 = 19,6 \text{ kN/silta} \geq D_{g1ot} \text{ OK!}$



	<b>S1 KAUPPALANTIE YKK</b> Helsinki		
	26.01.2007 pvm	Suunn. Tapio Käkönen	Sivu 1/10

## TUKITELINE- JA MUOTTELASKELMAT

### Laskentaperusteet

- mitoitus suoritetaan sallittujen jännitysten menetelmää käyttäen

### Telinemateriaalit

#### Puutavara

- |                    |      |                       |
|--------------------|------|-----------------------|
| - sahatavara       | T 24 | kosteusluokka 3       |
| - pyöreä puutavara | T 30 | kosteusluokka 3       |
| - puupaalut        | T 30 | kosteusluokka 3 tai 4 |

#### Teräsrakenteet


- |                          |            |          |
|--------------------------|------------|----------|
| - putkipalkit ja -paalut | S 355 J 2H | tai vast |
| - muut teräsrakenteet    | S 235 J2GR | tai vast |

#### Muottisiteet


- |                   |            |          |
|-------------------|------------|----------|
| - näkyviin jäävät | AW 6082    | tai vast |
| - piiloon jäävät  | S 235 J2GR | tai vast |

### Kuormitukset


- |   |                 |   |
|---|-----------------|---|
| - betoni                                | h max = 1000 mm | gk = 25,0 kN / m <sup>2</sup>                 |
| - muotti                                |                 | gk = 0,3 kN / m <sup>2</sup>                  |
| - valukuorma                            |                 | qk = 2,0 kN / m <sup>2</sup>                  |
| - kuormitusala A > 3 * 3 m <sup>2</sup> |                 |   |
| - valupaine                             |                 | p sall = 24,0 kN / m <sup>2</sup> ; h < 1,0 m |
| - max. nousunopeus v < 0,5 m / h        |                 |   |
| - tuulikuorma                           | h max = 8,0 m   |   |
| - maastoluokka III                      |                 | wk = 0,34 kN / m <sup>2</sup>                 |

	S1 KAUPPALANTIENTIEN YKK		
	Helsinki		
	26.01.2007 pvm	Tapio Kähkönen Suunn.	2 Sivu

<b>Muottilauta</b>	paksuus	20 mm	T 24; kosteusluokka 3 mitoitus 3- aukkoisena
Kansilaatta			
Aikaluokka B	gk =	25,2 kN / m <sup>2</sup>	koolausjako k 225 mm
Mg =	0,13 kNm / m	σg =	1,91 N / mm <sup>2</sup> käyttöaste (ka) 17,5 %
Vg =	2,8 kN / m	τg =	0,21 N / mm <sup>2</sup> ka. 19,4 %
fg =	0,1 mm	= L / 2296 (AL C)	σ <sub>⊥</sub> g = 0,11 N / mm <sup>2</sup>
Palkkiummat			
Aikaluokka C	pk =	24,0 kN / m <sup>2</sup>	koolausjako k 450 mm
Mp =	0,49 kNm / m	σp =	7,3 N / mm <sup>2</sup> ka. 75,9 %
Vp =	5,4 kN / m	τp =	0,41 N / mm <sup>2</sup> ka. 42,2 %
fp =	1,5 mm	= L / 301	
<b>Koolaus</b>	leveys	50 mm	T 24; kosteusluokka 3 mitoitus 2- aukkoisena
	korkeus	100 mm	
Kansilaatta			
Aikaluokka B	gk =	25,3 kN / m <sup>2</sup>	koolausjako k 225 mm niskajako k 750 mm
Mg =	1,78 kNm / m	σg =	4,8 N / mm <sup>2</sup> ka. 43,9 %
Vg =	9,0 kN / m	τg =	0,61 N / mm <sup>2</sup> ka. 55,6 %
fg =	0,5 mm	= L / 1504	σ <sub>⊥</sub> g = 0,68 N / mm <sup>2</sup>
Palkkiummat			
Aikaluokka C	pk =	24,0 kN / m <sup>2</sup>	koolausjako k 450 mm sidejuoksujako k 700 mm
Mp =	1,18 kNm / m	σp =	6,4 N / mm <sup>2</sup> ka. 66,2 %
Vp =	6,5 kN / m	τp =	0,88 N / mm <sup>2</sup> ka. 92 %
fp =	0,8 mm	= L / 867	

	S1 KAUPPALANTIENTEN YKK		
	Helsinki		
	26.01.2007 pvm	Suunn. Tapio Kähkönen	Sivu 3

<b>Niskat</b>	korkeus	125 mm	T 24; kosteusluokka 3
	leveys	125 mm	mitoitus 1- aukkoisena
Aikaluokka B	gk =	25,3 kN / m <sup>2</sup>	niskajako k 750 mm
	gk mit =	17,8 kN / m	tolppajako k 1125 mm
	L mit =	1,08 m	
Mg =	2,57 kNm / m	σg = 7,9 N / mm <sup>2</sup>	ka. 72,1 %
Vg =	8,0 kN / m	τg = 0,77 N / mm <sup>2</sup>	ka. 70,2 %
fg =	2,9 mm	= L / 368	3 - aukkoisena fg = 1,8 mm
Aikaluokka C	pk =	27,3 kN / m <sup>2</sup>	niskajako k 750 mm
	pk mit =	20,5 kN / m	tolppajako k 1125 mm
	L mit =	1,08 m	k = 4/(4 - g/p) = 1,30
Mp =	2,96 kNm / m	σp = 9,1 N / mm <sup>2</sup>	ka. 72,7 %
Vp =	9,2 kN / m	τp = 0,88 N / mm <sup>2</sup>	ka. 70,8 %
fp =	2,7 mm	= L / 399	3 - aukkoisena fg = 1,7 mm
<b>Pystytolpat</b>	h =	100 mm	T 24 - 3
	b =	100 mm	niskajako k 750 mm
	gk =	25,3 kN / m <sup>2</sup>	tolppajako k 1125 mm
	pk =	27,3 kN / m <sup>2</sup>	k = 4/(4 - g/p) = 1,30
Ng mit =	20,0 kN/tolppa	σg = 2,00 N / mm <sup>2</sup>	ks = 0,193
Np mit =	21,7 kN/tolppa	σp = 2,17 N / mm <sup>2</sup>	ks = 0,183
Nurjahduspituus	Lc =	2200 mm	Ng sall = 26,5 kN / tolppa
λ =	76,21	ks = 0,255	Np sall = 30,2 kN / tolppa
α =	2,01		ka. 75,6 %

	S1 KAUPPALANTIENTEN YKK		
	Helsinki		
	26.01.2007 pvm	Tapio Käkönen Suunn.	4 Sivu

**Telineperustukset**

Poikittaiset pelkat / pontit maatumien vieressä  
 - tolpparivien alla pelkat  $h * b > 150 * 175 \text{ mm}$   
 - telinepalkkien alla pontit, pohjaleveys  $> 300 \text{ mm}$

Pelkkojen leveys	B	175	mm		
Ponttien leveys	B	300	mm	Kantavuuskertoimet	
Perustamissyvyys tasamaalla	D t	100	mm	Ballan mukaan	
Perustamissyvyys luiskaosilla	D l	100	mm		
Luiskakaltevuus	$\tan \beta$	0		tasamaalla	luiskaosilla
Perusmaa keskitiivis sora	$\gamma$	19	kN/m <sup>3</sup>	N g = 155	N g = 155
	$\phi$	37	°	N q = 46	N q = 46

Sallittu pohjarasitus  $\sigma_{\text{sall}} = 0,5 * (B/2 * N_g * \gamma + D * N_q * \gamma) * (1 - 0,5 * \tan \beta)^{1,5}$

	Pelkat tolpparivien alla	Pontit telinepalkkien alla
Pohjarasitus	$\sigma_{\text{sall}}$ 172 kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{sall}}$ 264 kN/m <sup>2</sup>

Pelkkajako	k	1125	mm	Pontit	k	2500	mm
Tolppajako	k	750	mm	Palkit	k	750	mm
Kuormitus	gk	25,3	kN / m <sup>2</sup>		gk	26,0	kN / m <sup>2</sup>
	gk mit	26,7	kN / m		gk mit	63,3	kN / m

Poikkisuuntaiset pelkat  
 Max. pohjarasitus  
 $\sigma_{\text{max}}$  152 kN/m<sup>2</sup>  
 ka. 88 %

Poikkisuuntaiset pontit  
 Max. pohjarasitus  
 $\sigma_{\text{max}}$  211 kN/m<sup>2</sup>  
 ka. 80 %

**Telinepainumat**

liitososa	Leimapaine $\sigma_{\perp}$ (N / mm <sup>2</sup> )	Kokoonpuristuma $\delta t$ (mm)
laudoitus / koolaus	0,11	0,10
koolaus / niskat	0,68	1,10
niskat / tolpat	2,00	1,79
tolpat / pelkat	2,00	2,15
tolpat $h = 5000$ mm	2,00	1,93
		$\Sigma \delta t$ 7,1 mm
Perusmaan painumasta	8,8 mm	
Telinekohotus	15 mm	

# Insinööri<sup>↑</sup>toimisto TAK=PLAN

Pvm

Sivu

5

Nimi

## Telinepaakutus ja alataline

- oma paino: - kansi + muotti  $g_k = 2 \times 13.5 + 1.625 \times 25 + 3.0 \times 0.3 = 68.5 \text{ kN/m}$

- alataline + tolpihu  $g_k = 5 \times 0.5 + 3 \times 0.7 + 2 \times 0.5 = 5.6 \text{ kN/m}$

$$\Rightarrow g_{kmit} = 68.5 + 5.6 = 74.1 \text{ kN/m}$$

## 1) Telinepalkit paalujako $k = 4.0 \text{ m}$

- keskipalkit  $g_k = (2 \times 17.3 + 17.8) / 3 + 1.2 = 19.0 \text{ kN/m} \Rightarrow$  palkit HE 220B  
- reunapalkit  $g_k = 8.9 + 2 \times 0.5 = 10.0 \text{ kN/m} \Rightarrow$  palkit HE 180B

HE 220B

keskipalkit 3kp

$$M_{g0} = 0.125 \times 19 \times 4.0^2 = 38 \text{ kNm}; b_{g0} = 38 / 736 = 52 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{g0} = 2 \times 19.0 = 38.0 \text{ kN}; t_{g0} = 38000 / (95 \times 200) = 20 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{g0} = 6.2 \times 19 \times 4.0^3 / 8091 = 3.7 \text{ mm}$$

HE 180B

reunapalkit 1+1kp

$$M_g = 20 \text{ kNm} \Rightarrow b_{g0} = 47 \text{ N/mm}^2$$

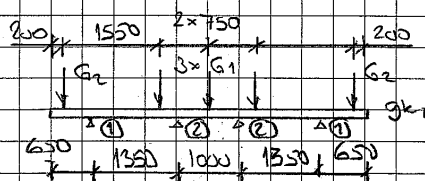
$$V_g = 20 \text{ kN} \Rightarrow t_{g0} = 14 \text{ "}$$

$$f_{g0} = 4.1 \text{ mm}$$

## 2) Telinepaakutus

- puiset tukipaakutus  
lohia  $\phi 150 \text{ mm}$   
Paakutusluokka III

$$P_{sall} = \sqrt{4} \times 0.15^2 \times 7000 = 123 \text{ kN/paaku}$$



$$G_1 = 4 \times 10 = 40 \text{ kN}$$

$$G_2 = 4 \times 19 = 76 \text{ kN}$$

$$g_k = 1.0 \text{ kN/m}$$

paalujako  
 $k = 4.000 \text{ m}$

Paakutusnormat:

$$① g = 63 \text{ kN/paaku}$$

$$② g = 93 \text{ "}$$

$$M_{g0} = +11.6 / -18.1 \text{ kNm} \Rightarrow b_{g0} = 59 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{g0} = 55 \text{ kN}$$

$$f_{g0} = 0.8 \text{ mm ulokkeen pörsässä}$$

teräsponki  
LARSÉN 22 tai vast.

Liikennejalan pienin paakutus 6kp / tukilinja

$$G_{max} = 87 \text{ kN} + \frac{3 \times 2 \times 19 \times 4.0}{4 \times 2.0} = 95 \text{ kN/paaku} \Rightarrow k_0 = 77 \%$$

# Insinööri<sup>↑</sup>toimisto TAK-PLAN

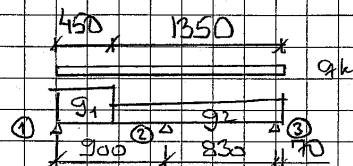
Pvm

Sivu

6

Nimi

## Laattalokkeet



kokoisuus 50x100 k450

$$\left. \begin{array}{l} g_1 = 10.3 \text{ kN/m}^2 \\ g_2 = 6.55 \text{ " } \\ q = 2.0 \text{ " } \end{array} \right\} k = 4 / (4 - 13.5 / 13.1) = 1.246$$

$$q_k = g_k + q_k$$

## ALB / gkmit

$$\begin{aligned} ① g &= 3.4 \text{ kN/m} \\ ② g &= 7.7 \text{ " } \\ ③ g &= 2.35 \text{ " } \quad \{ \tau_g = 0.56 \text{ N/mm}^2 \\ V_g &= 4.15 \text{ kN/m} \quad \{ k_2 = 51 \% \\ M_{gl} &= -0.70 \text{ kNm/m} \quad \{ \tau_g = 3.8 \text{ N/mm}^2 \\ M_{gr} &= +0.57 \text{ " } \quad \{ k_2 = 35 \% \\ f_p &= 0.8 \text{ mm} \triangle L/1200 \end{aligned}$$

## ALC / pkmit

$$\begin{aligned} ① p &= 4.2 \text{ kN/m} \\ ② p &= 9.9 \text{ " } \\ ③ p &= 3.2 \text{ " } \quad \{ \tau_p = 0.71 \text{ N/mm}^2 \\ V_p &= 5.3 \text{ kN/m} \quad \{ k_2 = 84 \% \\ M_{pl} &= -0.83 \text{ kNm/m} \quad \{ \tau_p = 4.6 \text{ N/mm}^2 \\ M_{pr} &= +0.72 \text{ " } \quad \{ k_2 = 92 \% \\ f_p &= 0.8 \text{ mm} \triangle L/1150 \end{aligned}$$

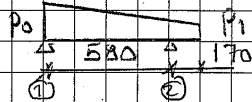
naulaliitos luella ①  
n 90x31

$$G_k = 0.45 \times 3.4 = 1.53 \text{ kN/Liitos}$$

$$\Rightarrow 4n \ 90 \times 31 \text{ k450}$$

## Palkkikulmat

kokoisuus 50x100 k450



$$\left. \begin{array}{l} p_0 = 24.0 \text{ kN/m}^2 \\ p_1 = 0.25 \times 24 = 6.0 \text{ kN/m}^2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{valuorine} \\ \text{ALC} \end{array}$$

$$\begin{aligned} M_p &= 0.67 / 0.11 \text{ kNm/m} \rightarrow \tau_p = 3.6 \text{ N/mm}^2 \rightarrow k_2 = 38 \% \\ V_p &= 5.4 \text{ kN/m} \rightarrow \tau_p = 0.70 \text{ " } \rightarrow k_2 = 176 \% \\ f_p &= 0.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$① p = 5.42 \text{ kN/m} \rightarrow P_{①} = 0.225 \times 5.42 = 1.22 \text{ kN/Liitos} \Rightarrow 2n \ 90 \times 31 \text{ k225}$$

$$② p = 5.82 \text{ kN/m} \rightarrow P_{②} = 0.45 \times 5.82 = 2.62 \text{ kN/Liitos} \Rightarrow 3n \ (90 \times 31 + 60 \times 2.5) \text{ k450}$$

$$k_2 = 74 \%$$

## Uunan uinot

50x100 k450  $\triangle 35^\circ$  n kulmassa

$$\begin{aligned} 50 \times 100 : L &\triangle 0.95 \text{ m} \\ \lambda &= 65.6 \quad \{ D_{grall} = 14.1 \text{ kN/vinotie} \\ k_2 &= 0.308 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{mit} &= 0.45 \times 5.6 / \cos 35 \\ &= 3.2 \text{ kN/Uinotie} \end{aligned}$$

# Insinööri<sup>↑</sup>toimisto TAK-PLAN

Pvm

Sivu

7

Nimi

Pohjakaavio		50x100 k450 / 225	lattiakat / palkkikaista
		$g_1 = 0.3 \text{ kN/m}^2$ $g_k = 25.3 \text{ "}$ ; $q_k = 2.0 \text{ kN/m}^2$	
$g_1$		$g_1 = 3.4 \text{ kN/m}$ $g_1 = 0.7 \text{ kN/m}$ $g_2 = 7.7 \text{ "}$ $g_2 = 2.1 \text{ "}$ $g_3 = 4.45 \text{ "}$ $g_3 = 1.0 \text{ "}$	
<p><u>ALB / puutelineassa</u></p> <p><math>A_g = 8.9 \text{ kN/m}</math>  <math>B_g = 17.3 \text{ "}</math>  <math>C_g = 17.8 \text{ "}</math> } <math>T_g = 0.99 \text{ N/mm}^2</math>  <math>V_g \leq 7.3 \text{ kN/m}</math> } <math>k_2 = 90 \%</math>  <math>M_{gt} = -1.45 \text{ kNm/m}</math>  <math>M_{gk} = +1.47 \text{ kNm/m}</math>  <math>f_{tg} = 3.4 \text{ mm} \approx L/460</math></p>		<p><u>ALC / puutelineassa</u></p> <p><math>A_p = 11.0 \text{ kN/m}</math>  <math>B_p = 21.0 \text{ "}</math>  <math>C_p = 20.1 \text{ "}</math> } <math>T_p = 1.17 \text{ N/mm}^2</math>  <math>V_p = 8.7 \text{ kN/m}</math> } <math>k_2 = 96 \%</math>  <math>M_{pt} = -1.96 \text{ kNm/m}</math> } <math>T_p = 11.2 \text{ N/mm}^2</math>  <math>M_{pk} = +2.08 \text{ "}</math> } <math>k_2 = 92 \%</math>  <math>f_{tp} = 4.1 \text{ mm} \approx L/375</math></p>	
<p><math>\Rightarrow</math> nishakuvorimat</p> <p>kahsakaisista</p>		<p><math>A_g = 8.9 \text{ kN/m}</math>    <math>A_p = 11.0 \text{ kN/m}</math>  <math>B_g = 17.3 \text{ "}</math>       <math>B_p = 21.0 \text{ "}</math>  <math>C_g = 17.8 \text{ "}</math>       <math>C_p = 20.1 \text{ "}</math></p>	
<p><u>TELINELIEN LIKENEALUKOT</u></p>			
<p>① <u>KANAVILOT VIHDINTIE</u>    <math>v_2 \approx 3 \times 3.50 = 10.50 \text{ m} \Rightarrow L_0 = 12.0 \text{ m}</math></p>			
<p>a) <u>Aukkojalat</u>    6 kpl HE 360B ; <math>L = 12.0 \text{ m}</math></p>			
		<p><math>g_k = 13 + 1.5 = 14.5 \text{ kN/m}</math> ; palkkikaista  <math>g_{k2} = 8.9 + 1.5 = 10.4 \text{ "}</math> ; lattiassa</p>	
<p><math>R_{g1} = 6.0 \times 14.5 = 87 \text{ kN/tuki}</math>  <math>M_g = -2 / +218 \text{ kNm} \Rightarrow T_g \leq 91 \text{ N/mm}^2</math>  <math>V_g = 89 \text{ kN} \Rightarrow T_g \leq 20 \text{ N/mm}^2</math>  <math>f_{tg} = -4.4 / +30.2 \text{ mm} \approx L/365</math></p>		<p>Palkit lattiassille  <math>R_g = 10.5 \times 6 = 63 \text{ kN/tuki}</math>  <math>f_{tg} = -3.2 / 21.9 \text{ mm}</math></p>	
<p>b) <u>Aukan pöytäpöytä</u>    nurjakaavio <math>k \leq 2100 \text{ mm}</math></p>			
<p><math>R_g = 87 / 63 \text{ kN/pöytä}</math></p>		<p><math>\Rightarrow</math> pöytä <math>150 \times 150</math>  <math>\lambda = 48.5</math>  <math>k_s = 0.733</math></p>	
<p><math>G_{sall} = 10 \text{ kN/pöytä}</math>  <math>\Rightarrow k_2 \leq 86 \%</math></p>			

# Insinööri<sup>↑</sup>toimisto TAK-PLAN

Pvm

Sivu

8

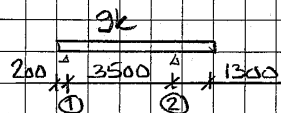
Nimi

2) Kevyen liikenteen aukot

$$l_2 \times h \geq 3.0 \times 3.5 \text{ m} \\ \Rightarrow L_0 = 3.50 \text{ m}$$

a) Aukkopalkitpalkit HE 180B  $L \geq 5.0 \text{ m}$ 

$$\begin{aligned} - \text{keskipalkit } g_k &= 0.5 + 52.4/3 = 18.0 \text{ kN/m} \\ - \text{reunapalkit } g_k &= 8.9 + 0.5 = 9.5 \text{ "} \end{aligned}$$

Aukko tien T3 vieressä

$$\begin{aligned} ① g &= 31 / 59 \text{ kN/tuki} & ; \text{ keskipalkit} \\ ② g &= 18 / 31 \text{ "} & ; \text{ reunapalkit} \end{aligned}$$

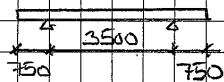
$$M_g = +20.2 / -15.2 \text{ kNm} \Rightarrow B_g \leq 48 \text{ N/mm}^2$$

$$V_g = 35.7 \text{ kN} \Rightarrow T_g \leq 26 \text{ N/mm}^2$$

$$f_g = +2.9 / -1.5 \text{ mm} \leq 5.0 \text{ mm} \text{ ei taipumakorotusta}$$

Aukko tien T5 vieressä

$$R_g = 2.5 \times 18.0/9.5 = 45/24 \text{ kN/tuki}$$



$$M_g = +22.5 / -5.1 \text{ kNm} \Rightarrow B_g \leq 53 \text{ N/mm}^2$$

$$V_g = 31.5 \text{ kN} \Rightarrow T_g \leq 23 \text{ N/mm}^2$$

$$f_g = -2.1 / +3.4 \text{ mm} ; \text{ ei taipumakorotusta}$$

b) Aukan pöytäpölköt

Keskipölköt 3kpl 125x125

; reunapölköt 100x100

$$G_{\text{mit}} = 59 \text{ kN/pölkky (T3)}$$

$$G_{\text{mit}} = 31 \text{ kN/pölkky (T3)}$$

$$\begin{aligned} L_c &= 1.90 \text{ m} \\ \lambda &= 52.65 \\ k_s &= 0.399 \end{aligned} \left\{ \begin{aligned} G_{\text{sall}} &= 65 \text{ kN/pölkky} \\ k_2 &\leq 91 \% \end{aligned} \right.$$

$$\begin{aligned} L_c &= 1.90 \text{ m} \\ \lambda &= 65.8 \\ k_s &= 0.309 \end{aligned} \left\{ \begin{aligned} G_{\text{sall}} &= 32 \text{ kN/pölkky} \\ k_2 &\leq 96 \% \end{aligned} \right.$$

$$G_{\text{mit}} = 45 \text{ kN/pölkky (T5)}$$

$$G_{\text{mit}} = 24 \text{ kN/pölkky}$$

$$\begin{aligned} L_c &= 2.20 \text{ m} \\ \lambda &= 61.0 \\ k_s &= 0.339 \end{aligned} \left\{ \begin{aligned} G_{\text{sall}} &= 55 \text{ kN/pölkky} \\ k_2 &\leq 82 \% \end{aligned} \right.$$

$$\begin{aligned} L_c &\leq 2200 \text{ mm} \\ G_{\text{sall}} &= 26.5 \text{ kN/pölkky} \\ k_2 &\leq 91 \% \text{ ks. sivu 3} \end{aligned}$$

$\Rightarrow$  nurjändussikat  $L \leq 1900 \text{ mm}$  tielle T3 eteläreunassa  
muille tukiliinjoille  $L \leq 2200 \text{ mm}$



TELINEDEN JÄYKISTÄMINENoma paino

$$g_{k1} = 68.5 \text{ kN/m} \quad ; \quad \text{puutelineosa}$$

$$g_{k2} = 68.5 + 6 \times 1.4 = 77 \text{ kN/m} \quad ; \quad \text{käytäväkat}$$

$$g_{k2} = 68.5 + 5 \times 0.5 = 72 \quad ; \quad \text{kl-aukat}$$

tuulikuorma

$$w_k = 0.34 \text{ kN/m}^2 \quad ; \quad \text{määräluokka II}$$

kansi

$$w_{m1} = (1.2 + 0.06 \times \frac{5.0}{1.45}) \times 1.45 \times 0.34 = 0.70 \text{ kN/m}^2 \quad ; \quad \text{puutelineosa}$$

$$w_{m2} = (1.2 + 0.06 \times \frac{5.0}{1.7}) \times 1.7 \times 0.34 = 0.80 \text{ kN/m}^2 \quad ; \quad \text{käytäväkat}$$

$$w_{m2} = (1.2 + 0.06 \times \frac{5.0}{1.50}) \times 1.5 \times 0.34 = 0.72 \text{ kN/m}^2 \quad ; \quad \text{kl-aukat}$$

tolpitus

$$\text{puutelineosa} \quad ; \quad \text{tolpat 5 kpl } 100 \times 100 \text{ k1125m} \quad ; \quad h_{mit} = 5.0 \text{ m}$$

$$A = 5.0 \times 0.1 + (2 \times \sqrt{2}) \times 0.1025 = 0.85 \text{ m}^2 \quad ; \quad \phi = 0.15 \quad ; \quad \sigma_F = 1.80$$

$$A_c = 5.0 \times 1.125 = 5.65 \text{ m}^2 \quad ; \quad \phi_d = 0.50 \quad ; \quad u = 0.84$$

$$\Rightarrow W_{pt1} = 1.80 \times (1 + \sum_{i=1}^4 0.84^i) \times 0.85 \times 0.34 = 1.88 \text{ kN/tolpparivi}$$

$$\text{käytävän pilet} \quad ; \quad \text{tolpat 6 kpl } 150 \times 150 \quad h = 5.5 \text{ m} \quad ; \quad B = 6.0 / 0.4 \text{ m}$$

$$A = 1.00 \text{ m}^2 \quad ; \quad \phi = 0.03 \quad \Rightarrow \quad \sigma_F = 1.96$$

$$A_c = 33.0 \text{ m}^2 \quad ; \quad u = 0.93$$

$$\Rightarrow W_{pt2} = 3.37 \text{ kN/tolpparivi}$$

$$\text{kl-aukan pilet} \quad ; \quad \text{tolpat 5 kpl } 125 \times 125 \quad h = 5.5 \text{ m} \quad ; \quad B = 2.3 / 0.55 \text{ m}$$

$$A = 0.93 \text{ m}^2 \quad ; \quad \phi = 0.07 \quad \Rightarrow \quad \sigma_F = 1.90 \quad ; \quad u = 0.93$$

$$A_c = 12.65 \text{ m}^2 \quad ; \quad W_{pt2} = 2.62 \text{ kN/tolpparivi}$$

Jäykitys sillan paikkisuuntaan ; vinosteet  $\approx 45^\circ$  n kulmassa1) puutelineosa

$$D_g = \sqrt{2} \times 1.125 \times 0.011 \times 68.5 = 1.2 \text{ kN/tolpparivi}$$

$$D_{s1} = \sqrt{2} \times (1.125 \times 0.70 + 1.88/2) = 2.4$$

$$D_p = 3.6 \text{ kN/rivi}$$

$$k = 4 / (4 - 1.2/3.6) = 1.09$$

Paikkisuuntaiset vinosteet

2 kpl  $32 \times 100$  /tolpparivi ; siltien mitoitus vakauteen

$$5 \text{ n } 90 \times 3.1 / \text{side} \quad \Rightarrow \quad D_{g\text{ sail}} = 5 \times 0.40 = 2.4 \text{ kN/side}$$

$$D_{p\text{ sail}} = 5 \times 1.09 \times 0.65 = 3.55 \text{ kN/side}$$

2) sikat 1 kpl  $50 \times 100$  /rivi

$$L_c = \sqrt{2} \times 1.55 = 2.19 \text{ m}$$

$$\lambda = 151.7 \quad ; \quad k_s = 0.086$$

$$D_{g\text{ sail}} = 4.5 \text{ kN/side}$$

$$D_{p\text{ sail}} = 4.25 \text{ kN}$$

2) Kahvaukon piletit

$$D_g = \sqrt{2} \times 6.0 \times 0.011 \times 77 = 7.2 \text{ kN/rivi}$$

$$D_n = \sqrt{2} (6.0 \times 0.8 + 3.37/2) = 9.2$$

$$\left. \begin{array}{l} D_g = 7.2 \text{ kN/rivi} \\ D_n = 9.2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} D_p = 16.4 \text{ kN/rivi} \\ k = 1.123 \end{array}$$

Vinositeet 50x100 ; 4kpl/tukilinja  
 Gn 90x31 / side

$$\left. \begin{array}{l} D_{gsell} = 4.5 / 2.5 \text{ kN/side} \\ D_{psell} = 4.4 / 4.15 \text{ kN/side} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{pur / veto} \end{array}$$

3) KL-aukon piletit

$$D_g = \sqrt{2} \times 3.65 \times 0.011 \times 72 = 4.1 \text{ kN/rivi}$$

$$D_n = \sqrt{2} (3.0 \times 0.72 + 2.62/2) = 4.9$$

$$\left. \begin{array}{l} D_g = 4.1 \text{ kN/rivi} \\ D_n = 4.9 \end{array} \right\} \begin{array}{l} D_p \leq 2.0 \text{ kN/rivi} \\ k = 1.123 \end{array}$$

⇒ Vinositeet 50x100 / 2kpl/tukilinja  
 Gn 90x31 / side

$$\left. \begin{array}{l} D_{gsell} = 4.5 / 2.5 \text{ kN/side} \\ D_{psell} = 4.4 / 4.2 \end{array} \right\}$$

Jäykistys sillan pituussuunnassa

$$L_{tot} = 2 \times 16.5 + 4 \times 2.1 = 11.7 \text{ m / silta}$$

$$M_{g,tot} = 0.011 \times 68.5 \times 8.3 + 0.022 \times 2 \times 5.0 \times 72 + 0.022 \times 2 \times 12 \times 77$$

$$= 62.5 + 15.8 + 20.3 \approx 99 \text{ kN/silta}$$

Vinositeet 32x100  $\approx 45^\circ$  kulmassa

$$L_c = \sqrt{2} \times 1.1 = 1.55 \text{ m}$$

$$\lambda = 167.8; k_5 = 0.072$$

$$\left. \begin{array}{l} D_{gsell} = 2.4 \text{ kN/side} \\ \Rightarrow \text{Gn } 90 \times 31 / \text{vinoside} \end{array} \right\}$$

2) puuklineaset

vinositeet 3kpl 32x100  $k \leq 4500 \text{ mm}$

$$D_{gmit} = 4.5 \times \sqrt{2} \times 0.011 \times 68 = 4.8 \text{ kN}$$

$$\leq D_{gsell} = 3.0 \times 2.4 = 7.2 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow k_2 \approx 67\%$$

b) KL-aukon piletit

$$D_g = (2.5 \times 0.022 \times 72 + 3.75 \times 0.011 \times 68.5) \times \sqrt{2} = 9.6 \text{ kN/pileti}$$

⇒ Vinositeet briteen 4kpl / pileti

c) Liikenneaukon piletit

$$D_g \leq \sqrt{2} (6.0 \times 0.022 \times 77 + 3.0 \times 0.011 \times 68.5) = 17.6 \text{ kN/piletirivi}$$

⇒ sikiä briteen  $17.6 / 2.4 = 7.3 \text{ kpl} \Rightarrow$  sikiä 8kpl / piletirivi

**HUOM!** Työturvallisuusasetuksen mukaiset työ- ja kulkutasot kaiteineen tehdään erillisen suunnitelman mukaan

**Kuormitukset**  
 - betoni  $g_{kmit} = 22,0 \text{ kN/m}^2$  ;  $h_i = 880 \text{ mm}$   
 - muotti  $g_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$   
 - valukuorma  $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$   
 - valupaine  $p_{sall} = 25,0 \text{ kN/m}^2$  ;  $h_o < 1,0 \text{ m}$   
 - max. nousu, nopeus  $v = 0,5 \text{ m/h}$

**Puutavara**  
 - sahatavara  
 T 24; kosteusluokka 3

**Muottisiteet**  
 - alumiinisiteet Ø 10 mm AW 6082 tai vast.  
 - terässiteet Ø 10 mm S235J2GR tai vast

MERKKI	PVM	MUUTOS	TEHNYT	TARK
HANKE	TURUNVÄYLÄN JA KEHÄ I:N PARANTAMINEN			
SILLAN NIMI	LEPPÄVAARANSOLMUN KOHDALLA			
JA KUNTA	S17 MYLLYKALLION RISTEYSSILTÄ, Espoo; Itäinen silta			
TYYPPI	TERÄSBETONINEN JATKUVA ULOKELAATTASILTA			
PIIRUSTUS	SILLAN TUKITELINE- JA MUOTTITUSPIIRUSTUS			
JM.VA II	2,5 + 13,0 + 18,0 + 13,0 + 2,5 m			HL 9,75 m
KUORMA	Omapaino + valukuorma q = 2,0 kN/m² + valupaine			VINOUS 34,26 gon
<b>Insinööri- toimisto</b> <b>TAKI-PLAN</b>	Urakoitsija			Tilaaja
	PL 10 15551 NASTOLA puh 03 7625500 fax 03 7625510 e-mail tak-plan@phnet.fi			<b>TIEHALLINTO</b> Uudenmaan tiepiiri
PIIRT.		TARK	TARK	TARK
SUUNN.	19.10.2009	TARK	TARK	TARK
TARK.		HYV.	HYV.	HYV.
MITTAK.	1:100	1:50	1:25	REV
				R15/18575 TEL-01

**Insinööri-toimisto**  
**TAKI-PLAN**

PL 10 15551 NASTOLA  
 puh 03 7625500  
 fax 03 7625510  
 e-mail tak-plan@phnet.fi

Urakoitsija

Niska & Nyssönen Oy

TIEHALLINTO  
 Uudenmaan tiepiiri

TARK  
 TARK  
 HYV.

TARK  
 TARK  
 HYV.

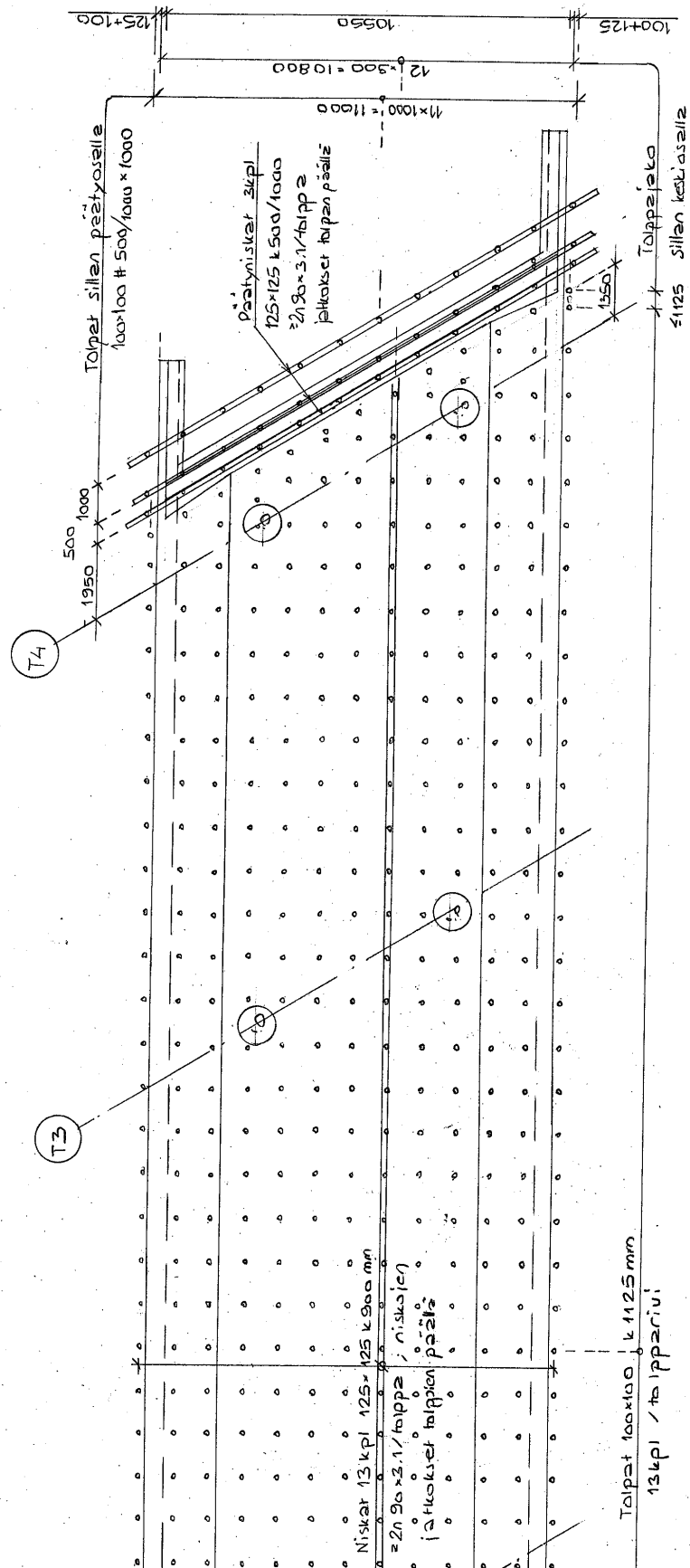
TARK  
 TARK  
 HYV.

PIIR.NRO



2112JS75 1:100

inversita



Niskar 13 kpl 125 x 125 x 900 mm  
= 2n 90 x 3.1 / toppz ; niskarier  
i aukokset talpion p22k2

2090x3.1/101pp2 ; niska'ien

i atkokset bolgjen p22la

Talpat 100x100 / k 1125 mm  
134p / talpatzini

136p / to 1pp2r.vi

Talpat sillon peetyoselle  
100x100 # 500/1000 x 1000

$$100 \times 100 \div 500 / 1000 \times 1000$$

pöytäkirjat 3 kpl  
125x125 x 500/1000  
2x 90x30/101pp 2  
lakkokasetit 1020x pöytä

Paatyniskat 3kp1

 $125 \times 125 \times 500 / 1000$ 
$$= 2190 \times 3.14 \times 10^7 \text{ Pa}$$

Toppziko

41125 Sillen kosti 052112

Ennakkokohotus sillan teinopainumista  
= 17 mm maanvazisilla teineosilla  
= 10 mm ; jos btipus on kallion  
tai anhran päällä

= 17 mm max varzillae teineosilla

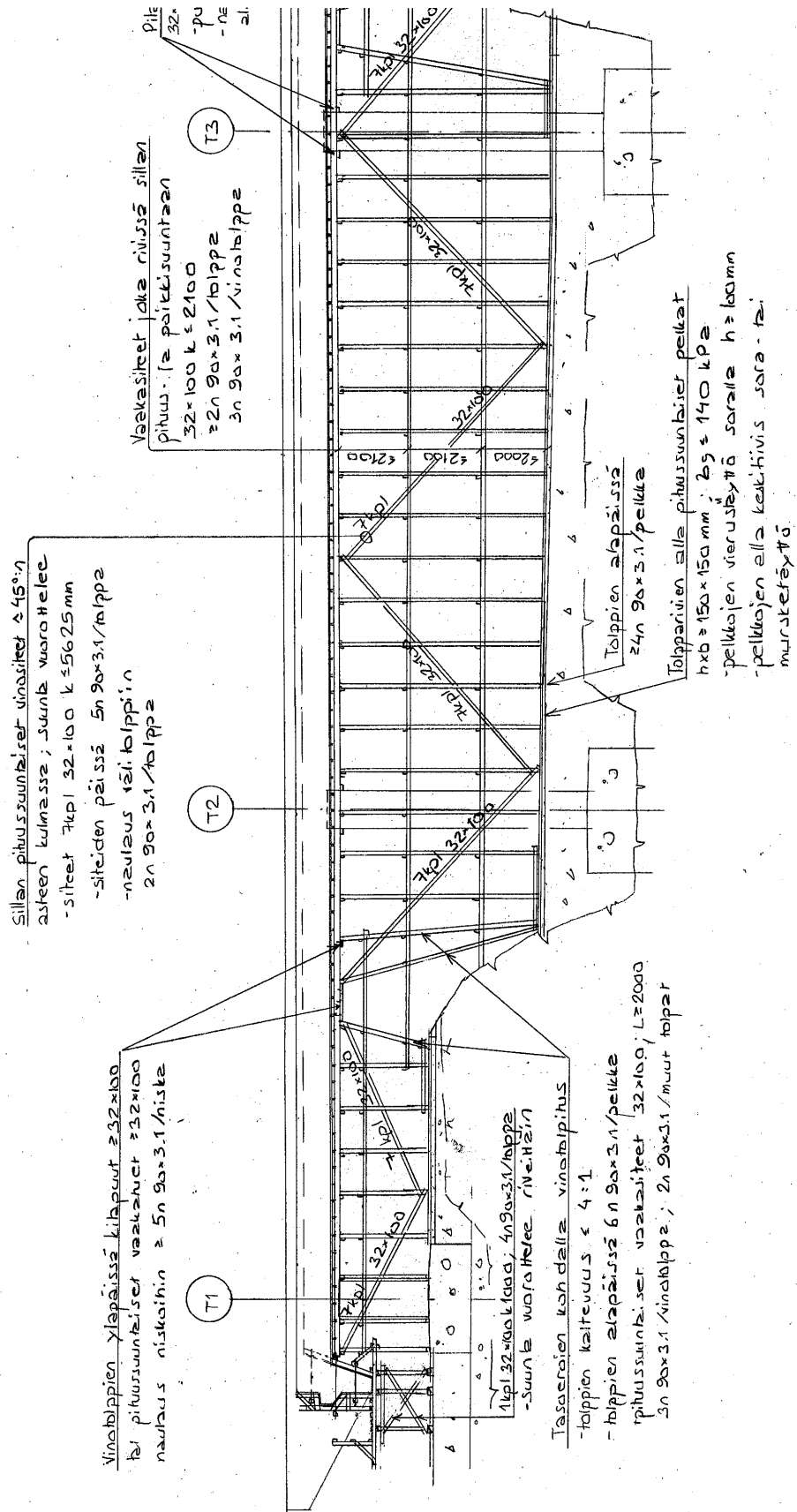
$\approx 10 \text{ mm}$ ; jcs blphts. on kallion

Use any of the

Lisäksi on huomattava siltasummitelmisiä onnet katohtuset

PITUUSLEIKKAUS 1:100

Itäinen silta



PITUUSLEIKKAUS 1:100

länen silta

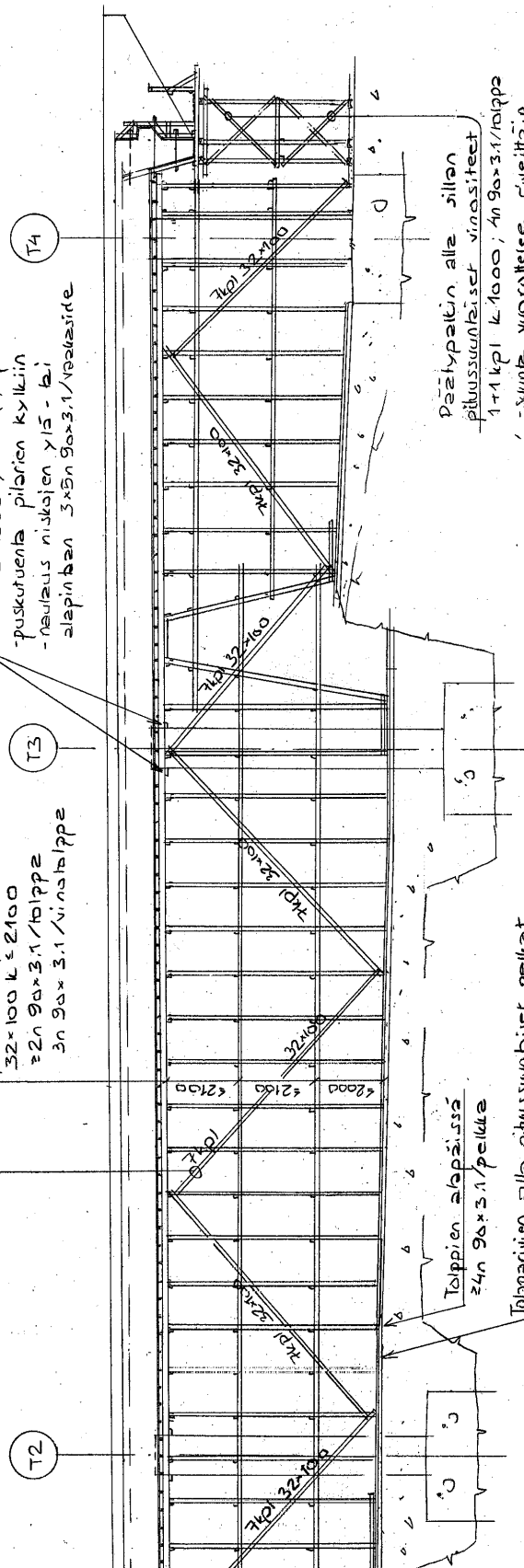
sillan pituussuuntaiset vinositeet 45°:n  
uuteen kulmassa; suunta vuorottelee  
-sitteet 7kpl 32x100 k ≤ 5625 mm  
-siteiden päissä 5n 90x3,1/10lppz  
-nauhaus 12li. tolppi'n  
2n 90x3,1/10lppz

Vaekasiteet josta rivissä sillan  
pituus- 12 palkkisuuntaan  
32x100 k ≤ 2100  
2n 90x3,1/10lppz  
3n 90x3,1/vinotolppa

Pilarien mol puolien lisävaekasiteet  
32x100 L ≤ 1900; 1+1kpl/pilari  
-puskutuenta pilarien kylkiin  
-nauhaus niskojen ylä- tai  
alapinnan 3x5n 90x3,1/vaekasite

Peätytelkin alla sillan  
pituussuuntaiset vinositeet  
1+1kpl k 1000; 4n 90x3,1/10lppz  
-suunta vuorottelee riveltä toiseen

Tolppien alapäässä  
24n 90x3,1/pelkka  
Tolpparivien alla pituussuuntaiset pelkkat  
h x s = 150 x 150 mm; 2g = 140 kpa  
-pelkkajien vierusteyttä saralla h = 60 mm  
-pelkkajien alla keskiväis saralla  
mursteräystä



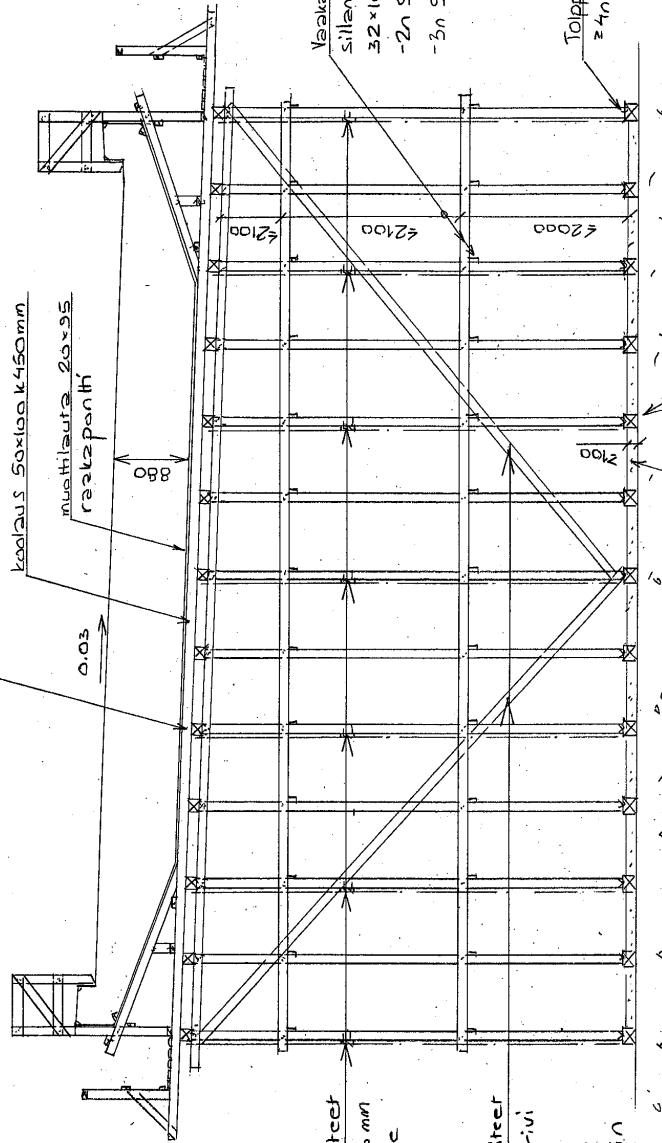
POIKILEIKKAUS

1:50

Niskat 13 kpl 125x125 k900; 2n 90x3,1/tolppa  
-niskojen istakset tolppien päällä

korkeus 50x100 k450mm

muuttilaite 20x95  
rakzpanth



Pituussuuntaiset vinositeet  
7kpl 32x100 k5625 mm  
-suunta vuorottelee  
-ks. pihusleikkaus

Poikisuuntaiset vinositeet  
2kpl 32x100/tolpparivi  
-siteiden päissä  
5n 90x3,1/tolppa  
-naulaus väli.tolppiin  
2n 90x3,1/tolppa

Vakositeet jake rivissä  
sillan pihus- ja poikisuunnan  
32x100 k5625 mm  
-2n 90x3,1/tolppa  
-5n 90x3,1/vinotolppa

Tolppien alapäässä  
2n 90x3,1/pelika

Sillan pituussuuntaiset pelikat hxb2150x150mm  
2g ≤ 140 kPa; pelkkien alla keikeli -  
tiivis sora- tai mursketäyttö

Peltikojen vierustyyttiä sovelletta h=100mm

12 x 900 = 10800  
10550  
(=sillan leveys)  
Tolpat 100x100; 13kpl/rivi  
# 900x1125 mm  
125



TELINKEET SILLAN PÄÄTYOSALLA 1:50

Päätyosien muuttus

- pohjakaalaus 50x100 k225/450mm
- palkin ummakaalaus 50x100 k450mm
- kilepuit 32x100 ; 3n 90x3.1 k225mm
- muuttus 20x95 r2242puit

22x100 k450  
4n 60x2.5 / litas

Apurikat siipi-  
muurin ponnalle  
2kpl 50x100 k900

Sivon ponnalle  
apurikat 50x100  
# 400x900mm  
- pöysä 2n 90x3.1

Niskat 2+3kpl 125x125  
k 900/1000 / 500mm  
2n 90x3.1 / tolppe

Vinostieet 32x100  
2+2kpl siipimuri  
4n 90x3.1 / tolppe

Palkat h x b 150x150mm  
- alla keltiivis sarakset

Vinostieet 1kpl 32x100 k1000  
- suunta vuorottelee rivittäin  
- 4n 90x3.1 / tolppe

Tolppajaka sillan  
päätyosilla  
100x100 # 900/1000/500x1000mm

A — A 1:25

Siipimurien muuttus ja hento

Al-sieet Ø10 # 650x675mm  
+ sidejuokut 2kpl 50x100 k650mm  
muuttus A=45cm<sup>2</sup>

Vaerakieet 32x100 k900  
3n 90x3.1 / 122k2juokut

Vaerakieet 50x100  
2n 90x3.1 k450

Pystykaalaus  
50x100 k450mm

Siipimuri  
pohjakaalaus  
100x50 k450 ta;  
100x50 k300 ; kuit  
Siipimurin korkeus 2100mm

Vinostieet 50x100 k900  
- pöysä 3n 90x3.1

50x100 k900mm  
2n 90x3.1 / 122k2juokut

Al-sieet 50x100 k900

Pohjakaalaus  
50x100 k450/225mm

Tolppien alapäässä  
3n 90x3.1 / pöysä

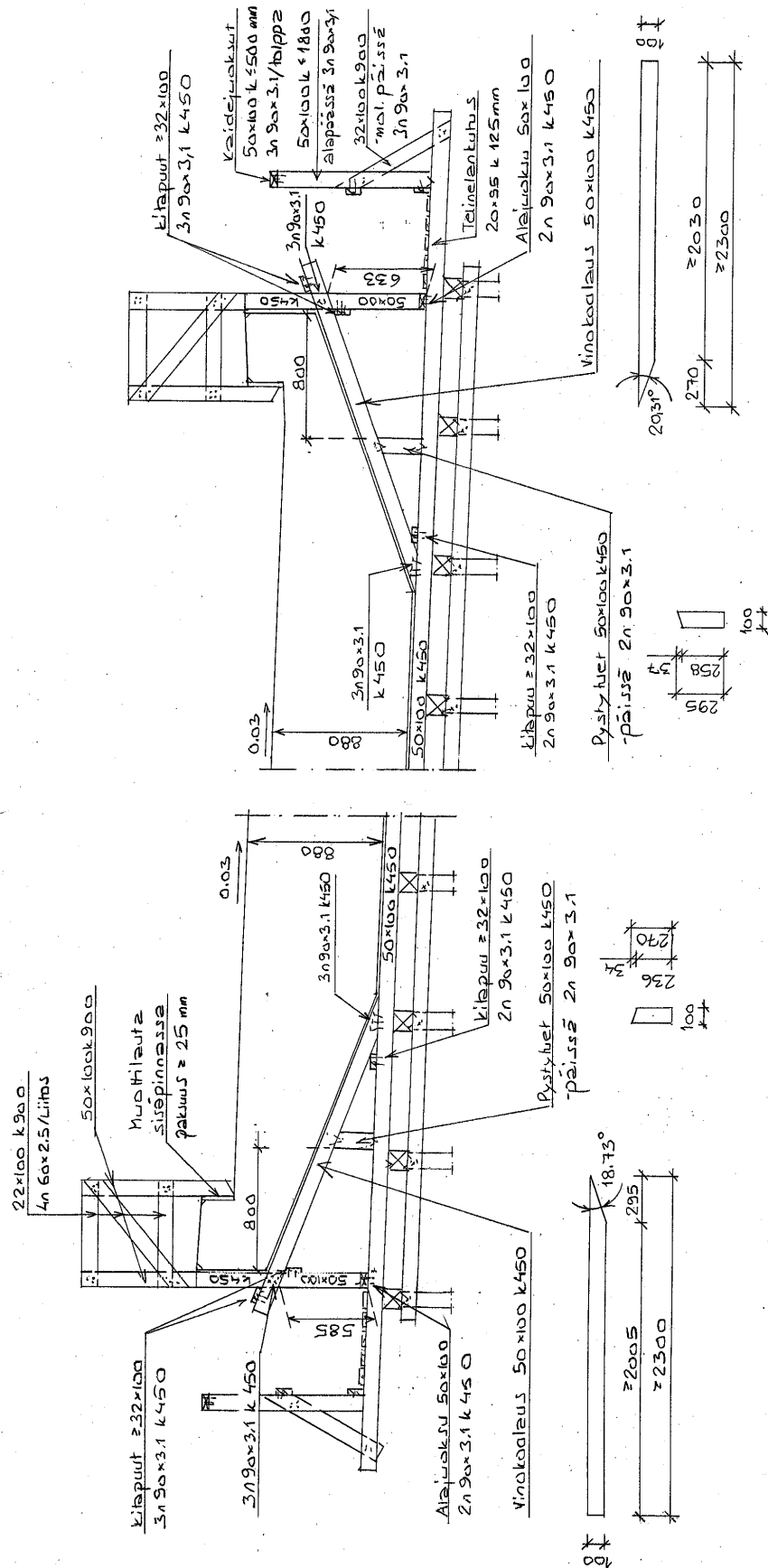
Palkat h x b 150x150mm  
- alla keltiivis sarakset

Vinostieet 1kpl 32x100 k900  
- 4n 90x3.1 / tolppe  
- suunta vuorottelee rivittäin





T1

KAINEN	MUOTITUS	1:25
--------	----------	------

-multilab 20x95 rackspanth;  
ellei toisin mainithu

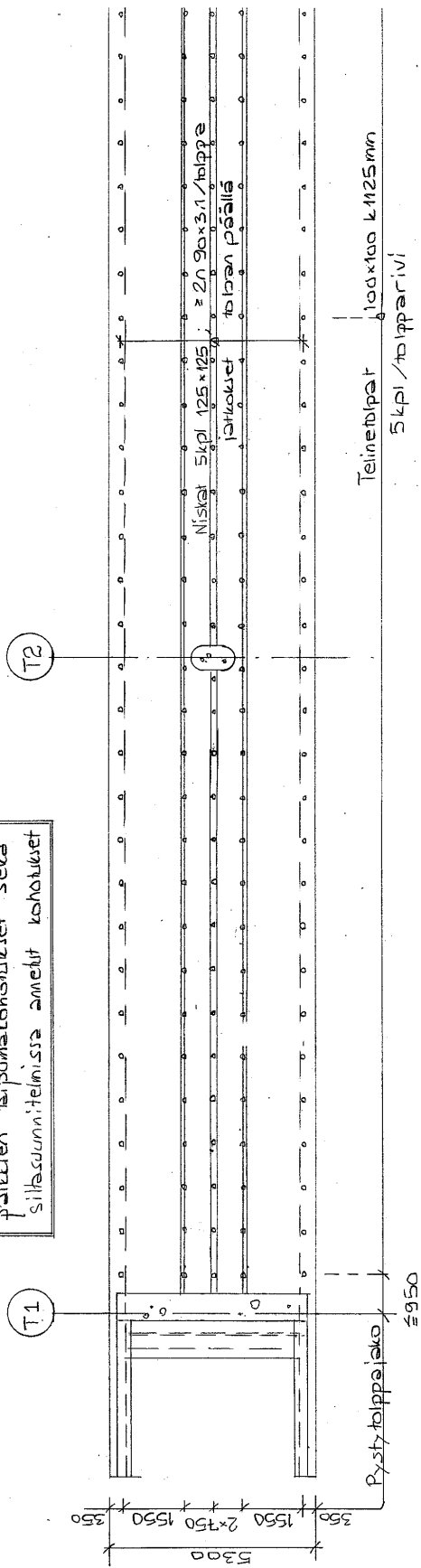


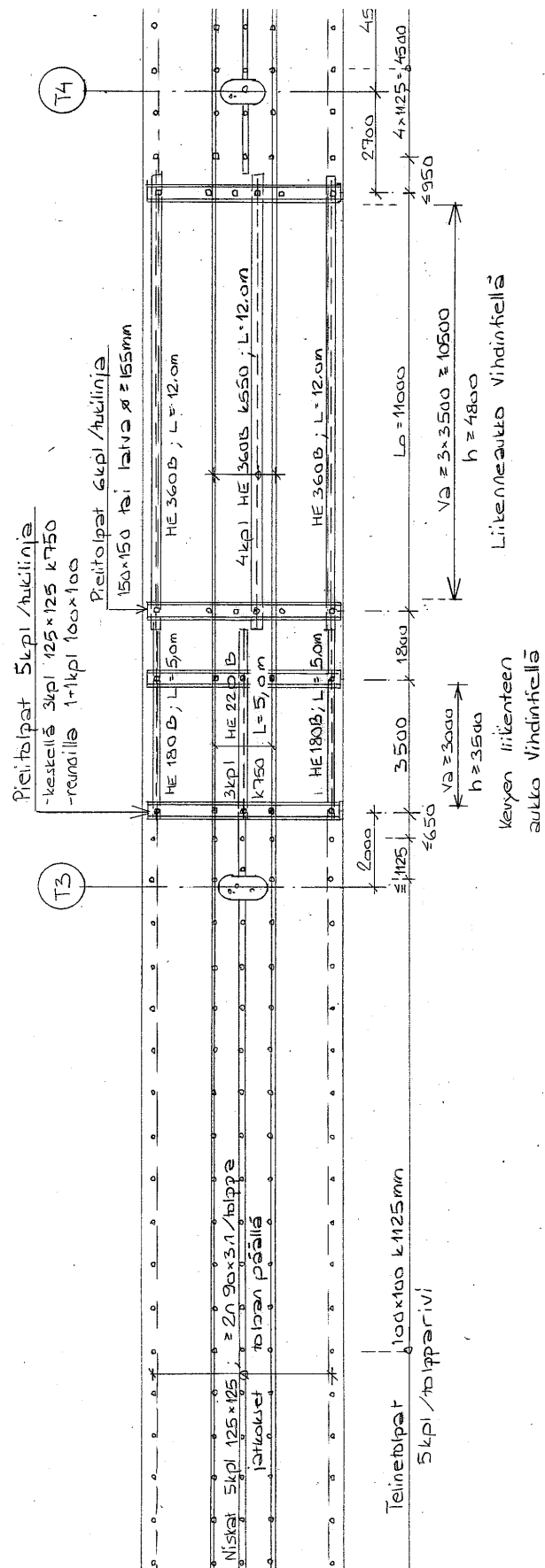
- Kuormitukset
- betoni
  - muotti
  - valukuorma
  - valupaine
  - max. nousunopeus  $v = 0,5 \text{ m/h}$
- $g_k \text{ max} = 25,0 \text{ kN/m}^2$   
 $g_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$   
 $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$   
 $p_{\text{sall}} = 24,0 \text{ kN/m}^2$
- $h_l = 1000 \text{ mm}$   
 $h_o < 1,0 \text{ m}$
- Puutavara
- sahlatavara
  - pyöreä puutavara
- T 24; kosteusluokka 3  
T 30; kosteusluokka 3
- Teräsrakenteet
- palkit ja pontit
  - liitosliisit
- S235J2GR tai vast.  
luokka C
- Telinepaalutus
- puiset tukipaalut; latva  $\varnothing > 150 \text{ mm}$
  - paalutusluokka III ( LPO 2005:n mukaan )
  - sallittu paalukuorma
  - max.paalukuorma
- $P_{\text{sall}} = 123 \text{ kN}$   
 $G_{\text{max}} = 96 \text{ kN}$

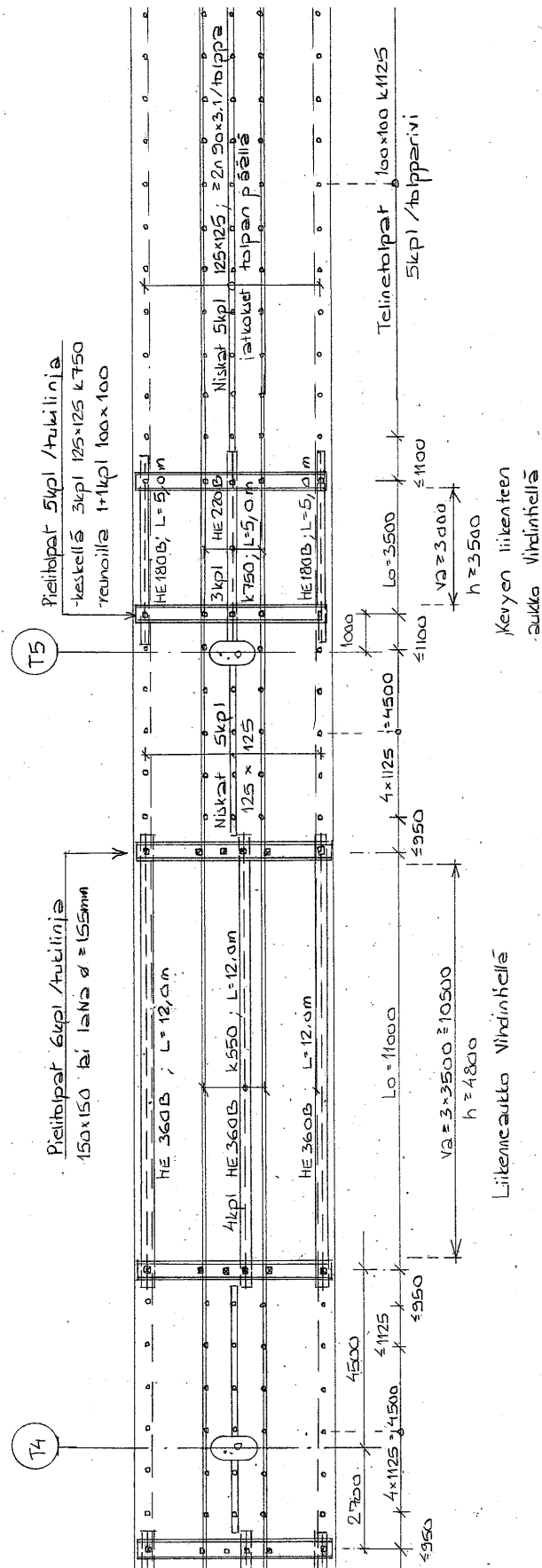
MERKKI	PVM	MUUTOS	TEHNT	TARKASTAJUT
Mt 100 Hakamäentie ST				
HANKE				
SILLAN NIMI S1 KAUPPALANTIE YLIKULKUKÄYTÄVÄ, Helsinki				
JA KUNTA JÄNNITETTY BETONINEN JATKUVA PALKKISILTA				
TYPPI SILLAN TUKITELINE- JA MUOTITUSPIIRUSTUS				
JM VA II 17+21+21+21+21,01+17 m HL 4,50 m				
KUORMA Omapaino + valukuorma + valupaine VINCUS 0,0 gon				
 <b>Tielikelaitos</b>		 <b>HELSINGIN KAUPUNKI</b>		 <b>Uudenmaan tiepiiri</b> <b>TIETALUENTO</b>
 <b>Tahkon</b>				
Sillansuunnittelu				
PIIRT.	TARK.	TARK./HYV.		
SUUNN. 28.01.07	TARK.	TARK.	Siltateknikka, suunnittelu	
	TARK.	HYV.	TARK.	
Geotekninen suunnittelu				
TARK.		HYV.		
		GEOTARK.		
MITTAK. 1:100 1:50 1:25		PIIR. NRO R15/16917 TEL-02		

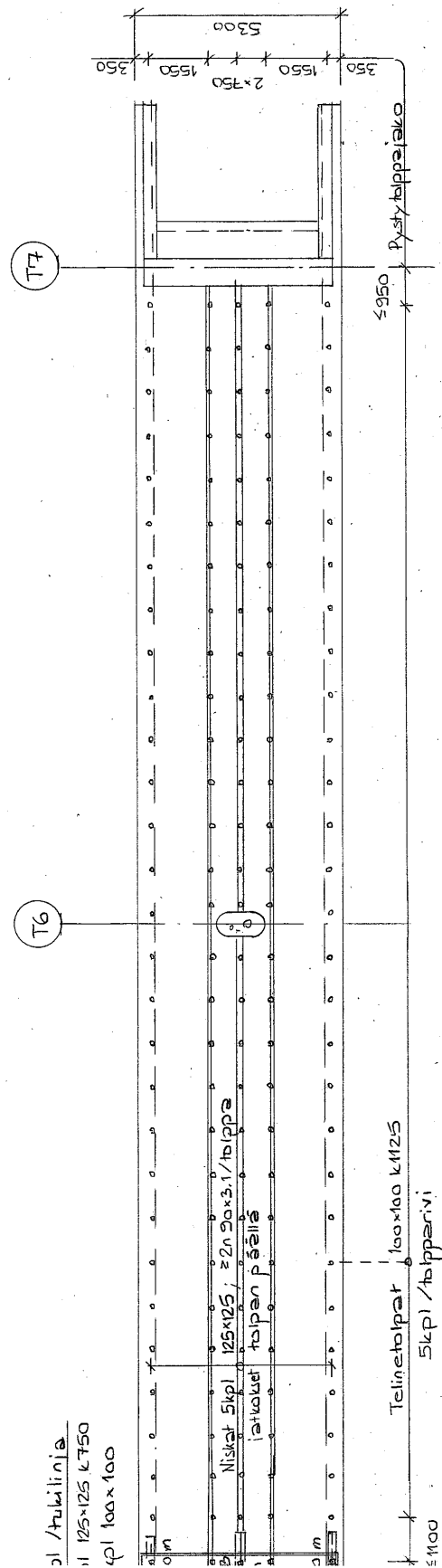
TASOPIIRUSTUS 1:100

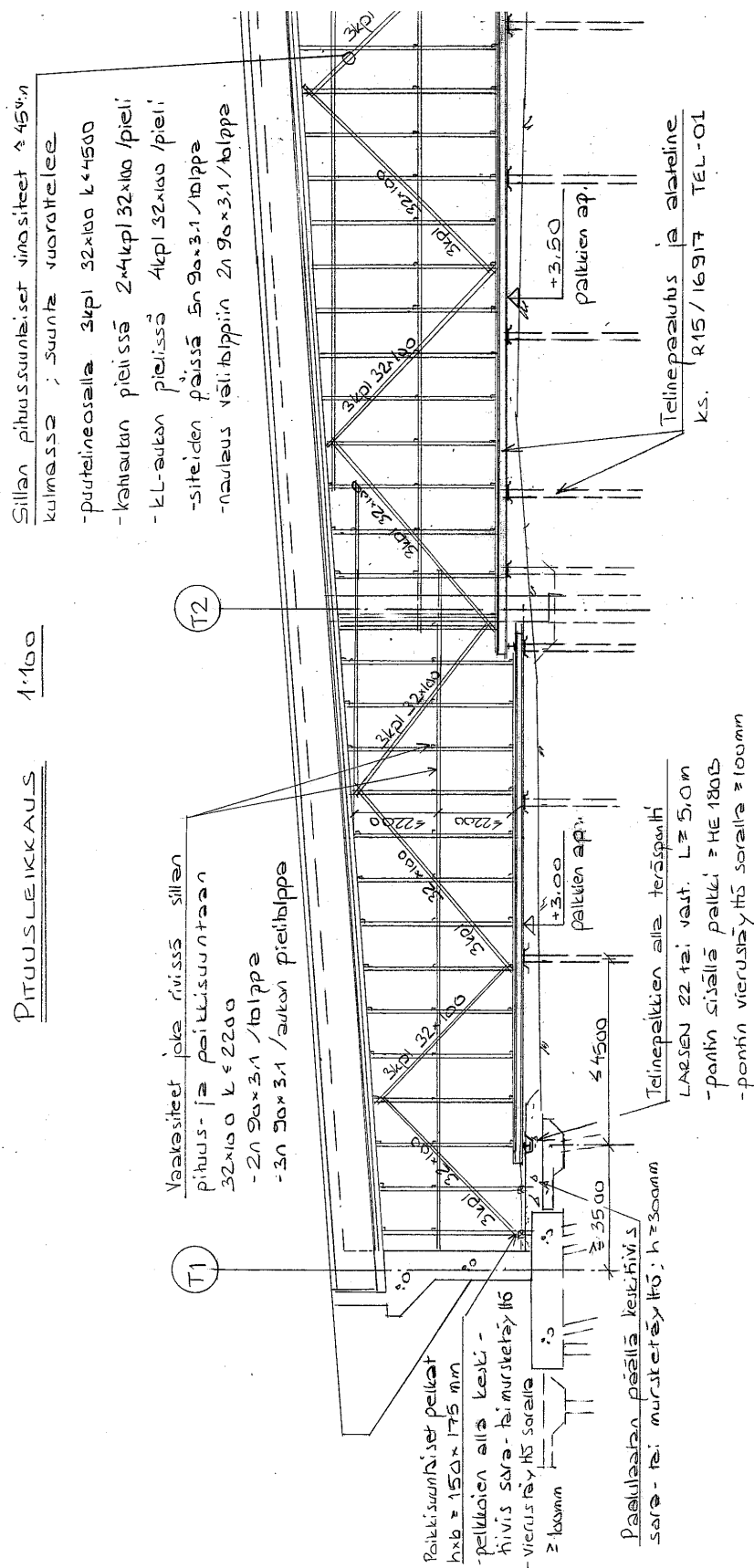
Ennakkokokohotus telinepainumista  
= 15mm koko sillan matkalla.  
Lisäksi on huomioitava aukko-  
palkkien bipumakohotukset sekä  
sillasuunnitelmissa annetut kohotukset



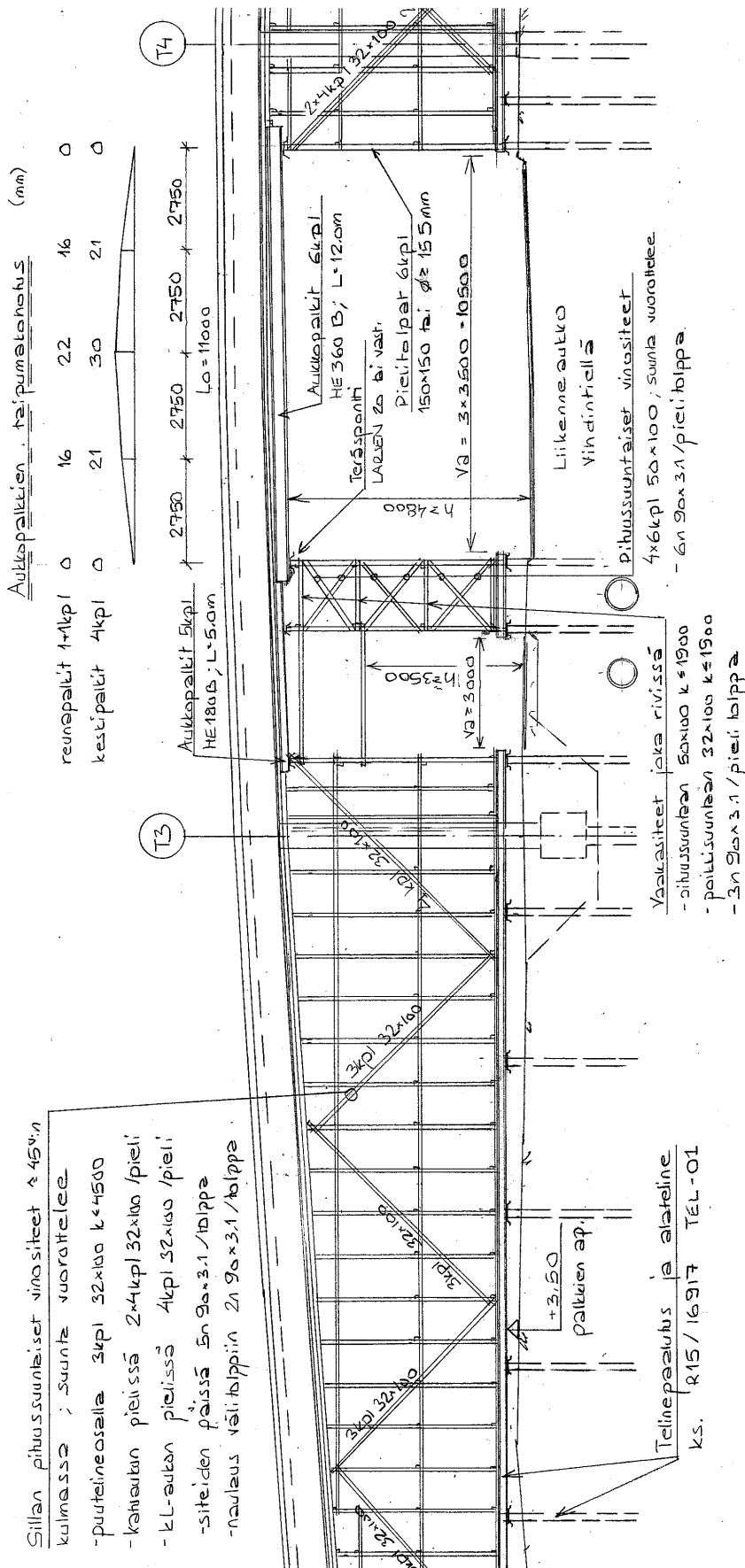


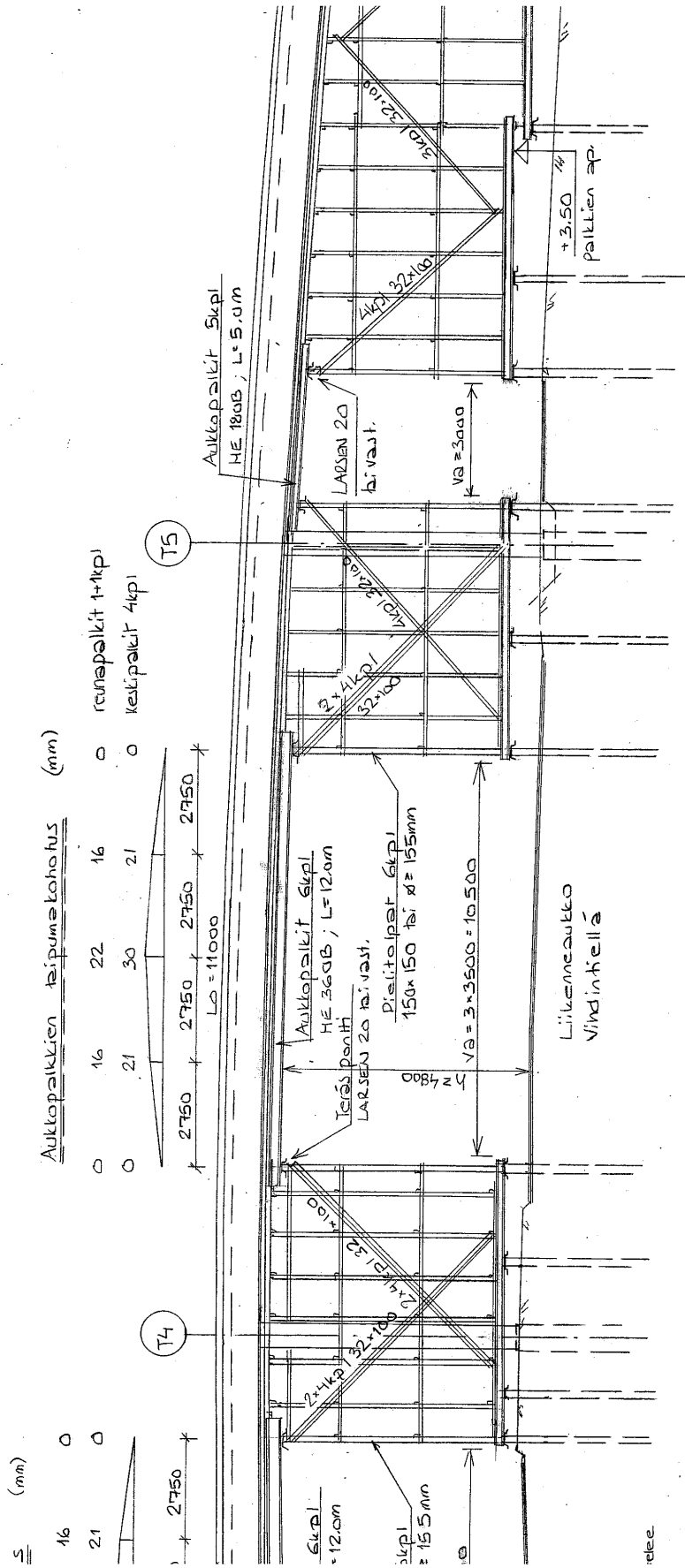


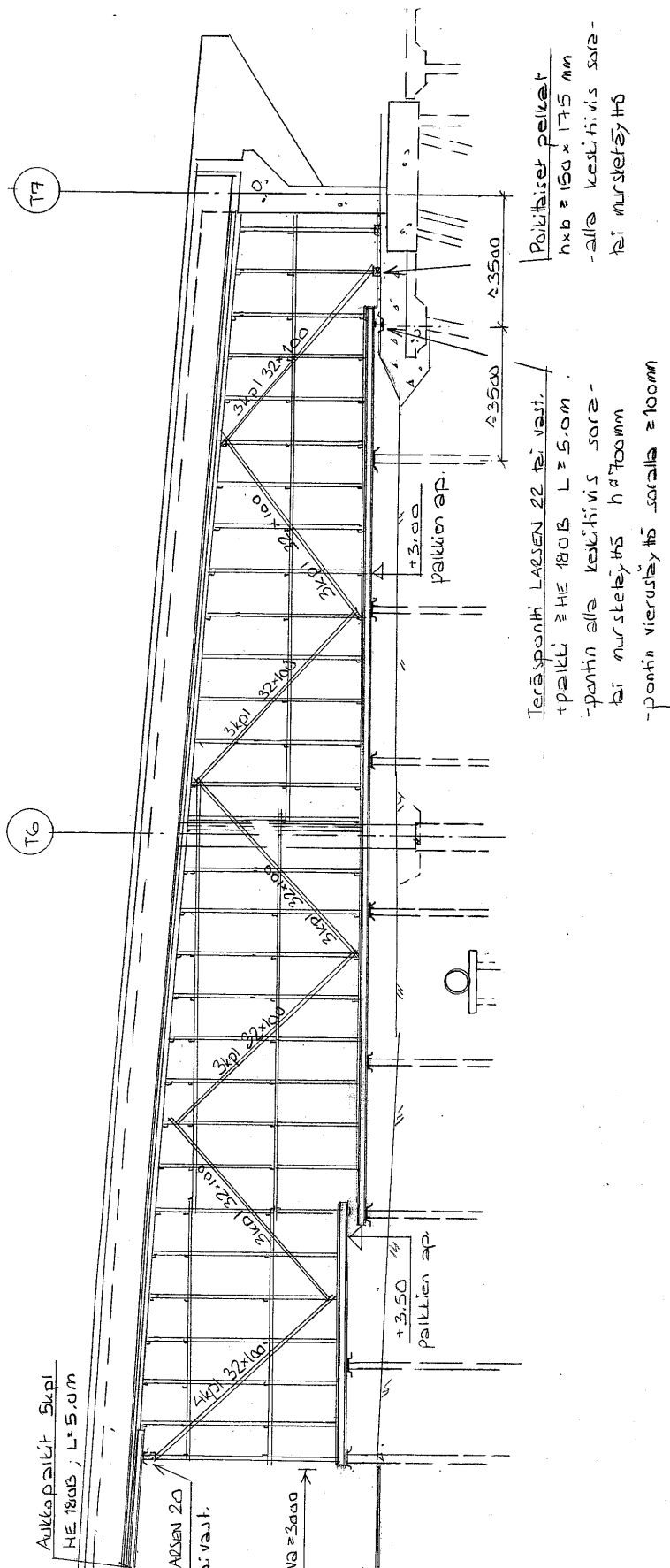


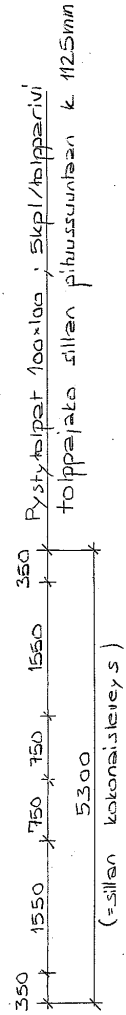






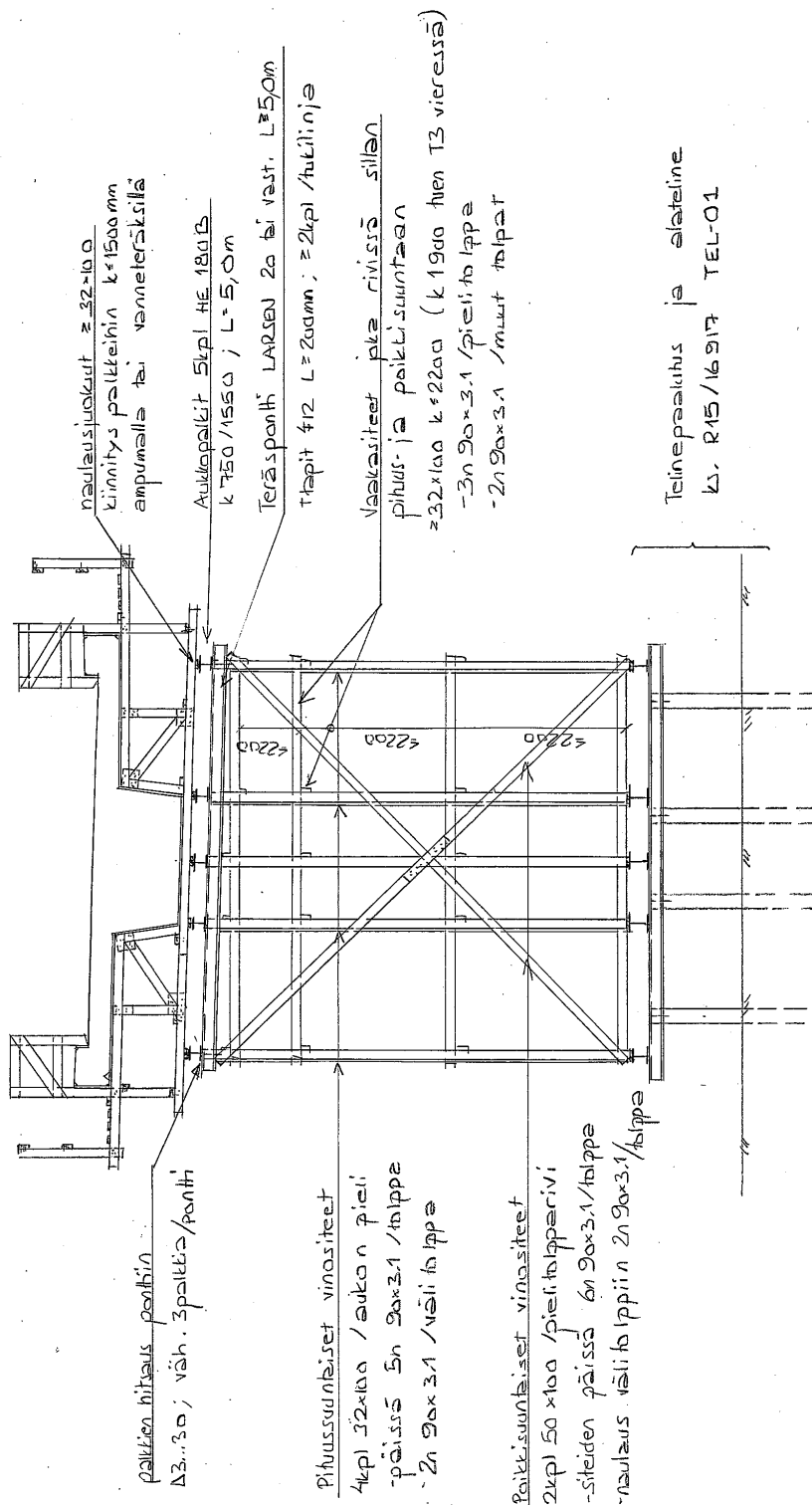






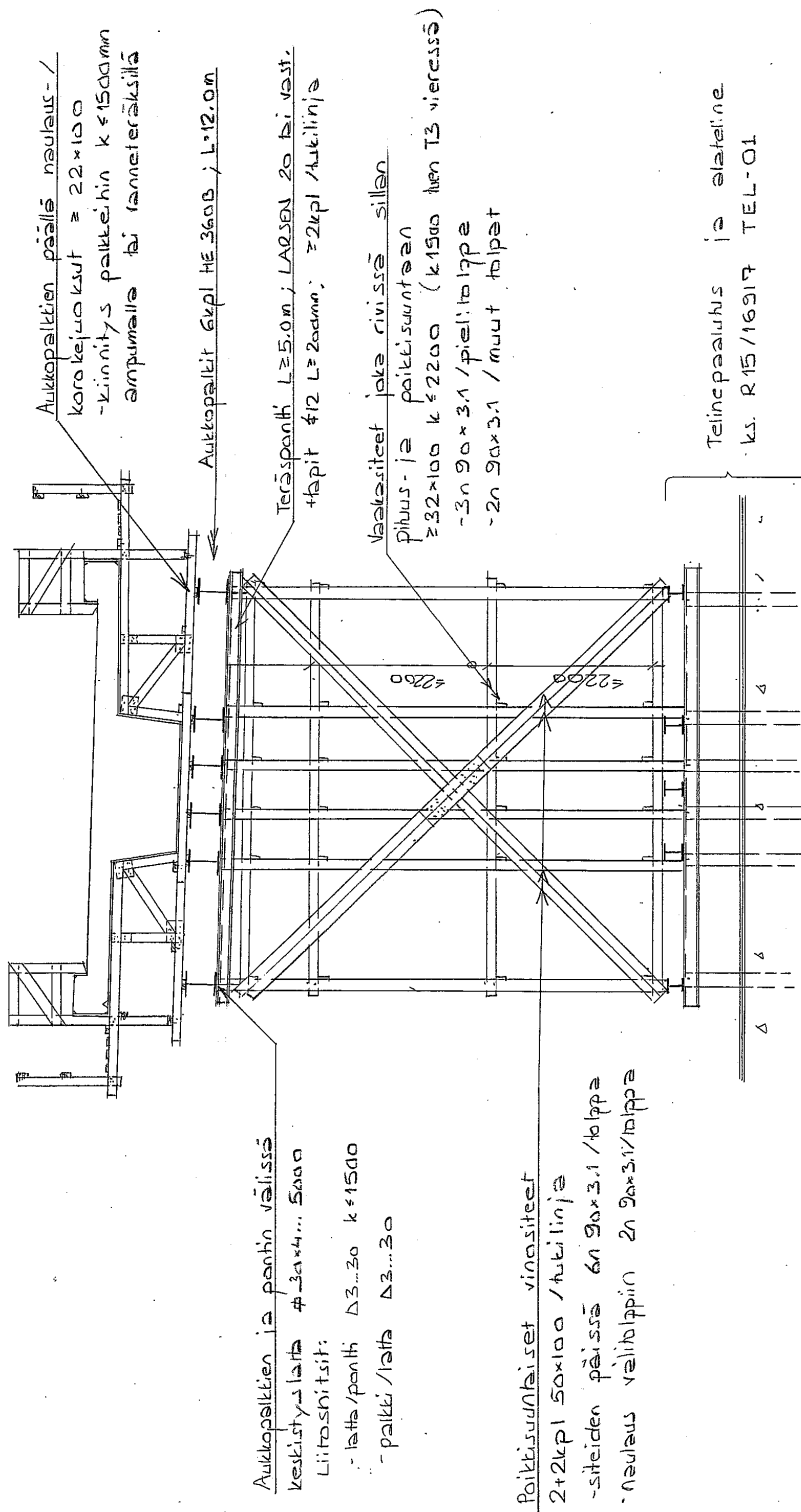
PAIKILEIKKAS.

Kevyen liikenteen aukot tukien T3 ja T5 viaressä  
 $V_{a \times h} = 3,0 \times 3,5 \text{ m}$



350 + 1550 + 750 + 750 + 1550 + 350 = 6300  
 Auklan püeti toipat Skpl /Auklinj.e  
 -kastell.e 34pl 125x125 k 750  
 -redunilla 1+1 kpl 100x100  
 (=sillan, kokonaisteyes)

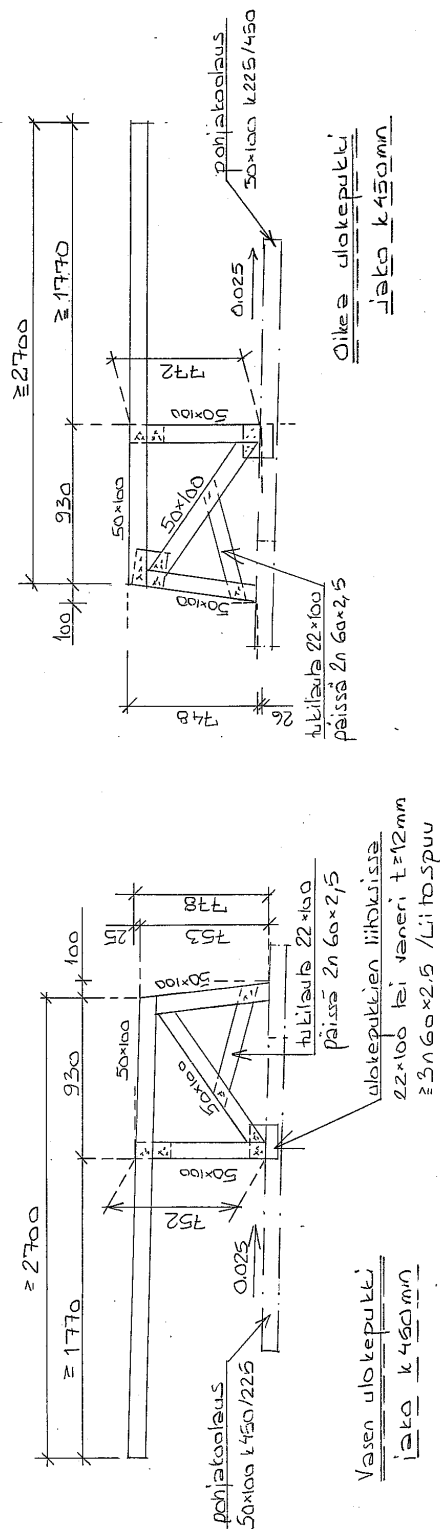
Poikkileikkaus 1:50  
Liikenneaukot viidintieellä  
v × h = (3 × 3,50) × 4,80 m



1350	1475	3 × 550 = 1650	1475	350	Aukkopalkkijako
350	1350	1675	1650	1675	Pöytäloppu 6 kpl 150 × 150 tai laata Ø 2155 mm
					5300
					(= sillan kokonaisleveys)

$$\underline{1.25}$$

Työ- /kulkuteline sillan  
molemmilla reunoilla  
tarpeen mukaan



- Kuormitukset

- betoni

- muotti

- valukuorma

- valupaine

- max. nousunopeus v = 0,5 m / h

gk max = 25,0 kN / m<sup>2</sup>

gk = 0,3 kN / m<sup>2</sup>

qk = 2,0 kN / m<sup>2</sup>

p sall = 24,0 kN / m<sup>2</sup>

; hl = 1000 mm

; ho < 1,0 m
- Puutavara

- sahlatavara

- pyöreä puutavara

T 24; kosteusluokka 3

T 30; kosteusluokka 3
- Teräsrakenteet

- palkit ja pontit

- liitosliisit

S235/J2GR tai vast. luokka C
- Telinepaalutus

- puiset tukipaalut; latva Ø > 150 mm




- paalutusluokka III ( LPO 2005:n mukaan )

- sallittu paalukuorma

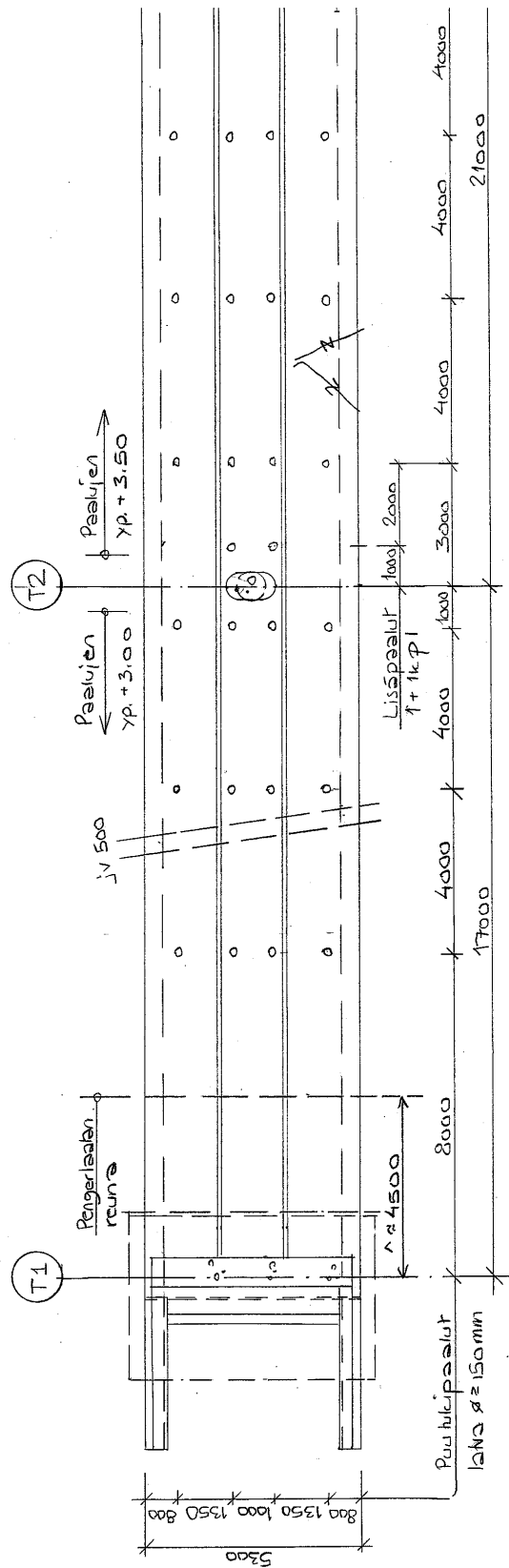
- max.paalukuorma

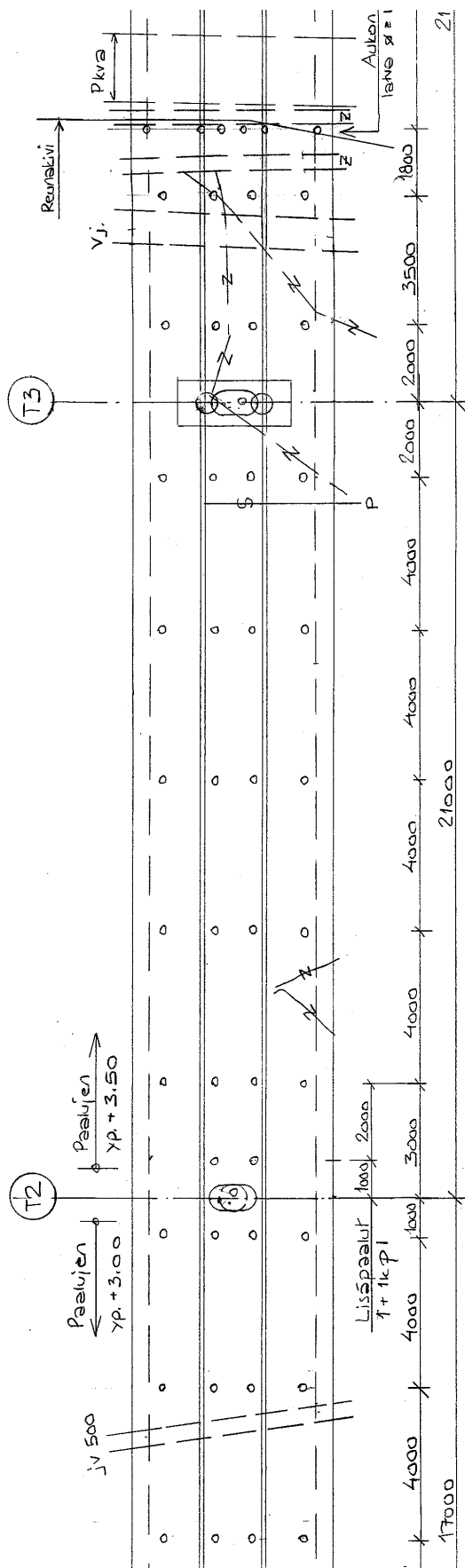
P sall 123 kN

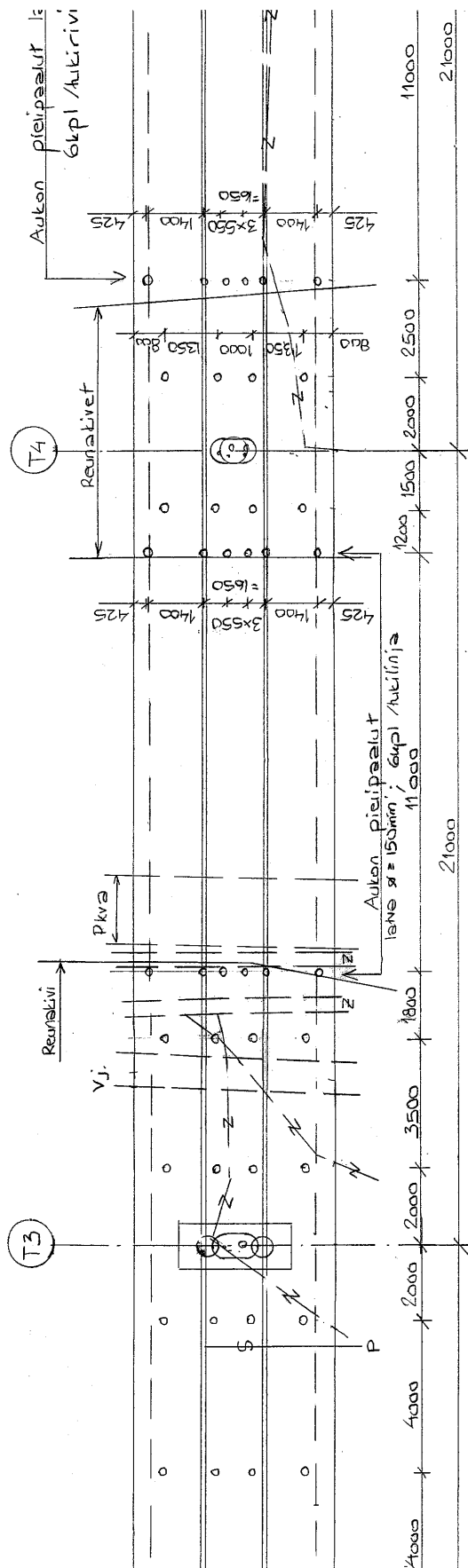
G max 96 kN

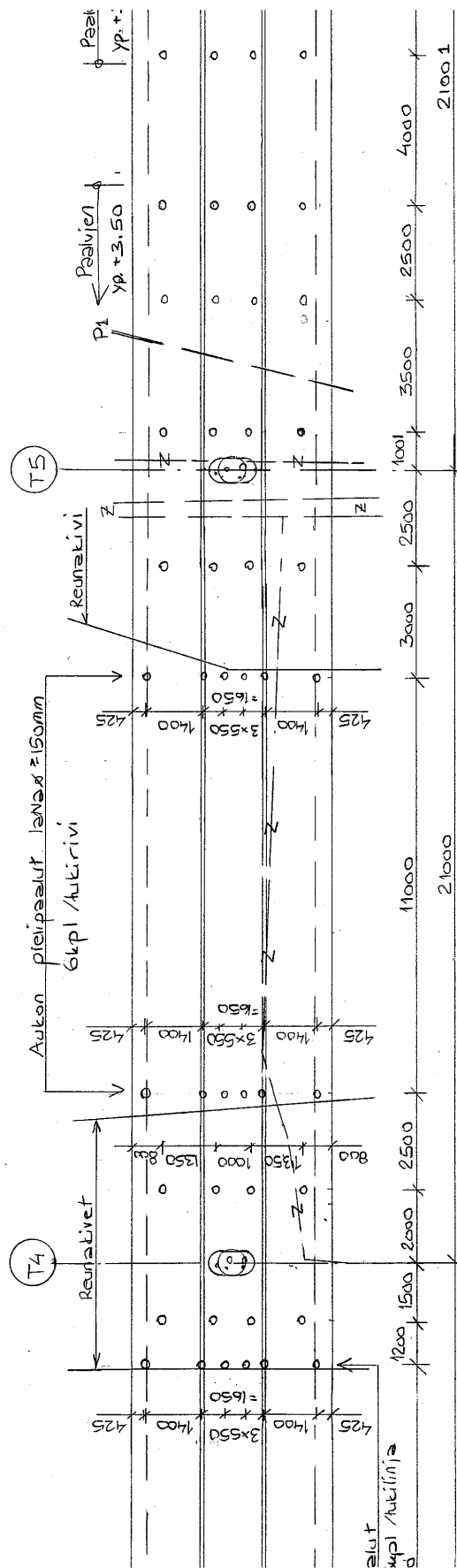
A	29.01.07	Lisäselitys telinepiirustukset ja liitosetelit	T. Käkönen	TARKASTAJA
MERKKI	PVM	MUUTOS	TEHNYT	
Mt 100 Hakamäentie ST				
HANKE				
S1 KAUPPALANTIE YLIKULKUKÄYTÄVÄ, Helsinki				
SILLAN NIMI JA KUNTA				
JÄNNITETTY BETONINEN JATKUVA PALKKISILTA				
SILLAN TELINEPAALUTUS JA ALATELINE				
JM	VA	II	17+21+21+21,01+17 m	HL 4,50 m
KUORMA Ompaino + valukuorma + vclupaine				
VINKOUS 0,0 gon				
				
Tielikelaitos		HELSINGIN KAUPUNKI		Uudenmaan tiepiiri
Insinööritoimisto TAH-TIEN		YIT		TIEHALLINTO
Sillansuunnittelu				
PIIRI		TARK.	TARK./HYV.	
SUUNN.	04.12.06	Tarkoitus		Sillatekniiikka, suunnittelu
TARK.		TARK.	HYV.	
Geotekninen suunnittelu				
TARK.			GEOTARK.	
MITTAK.	1:100	1:50	1:25	PIIR. NRO R15/16917 TEL-01A

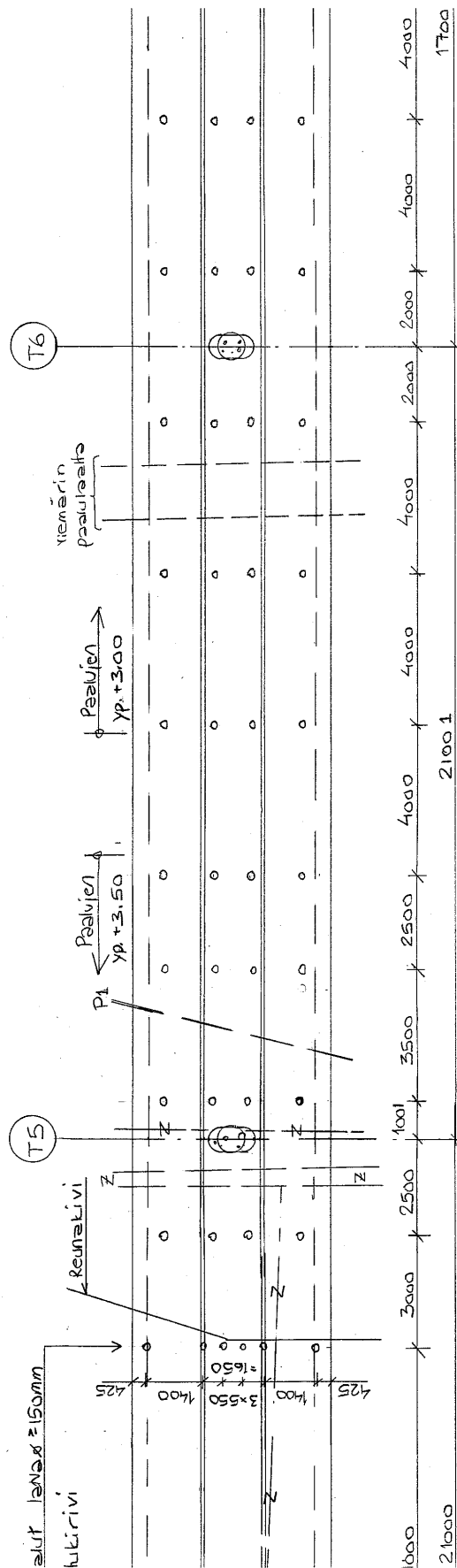




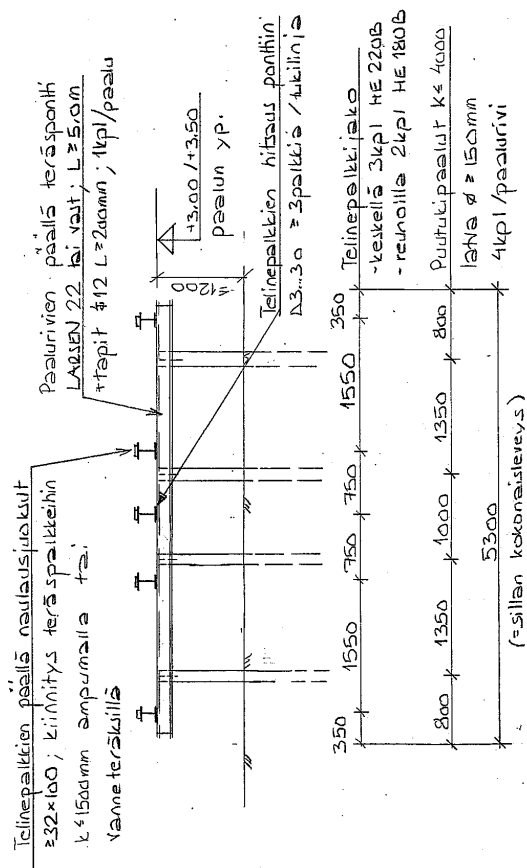
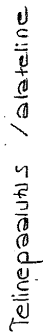
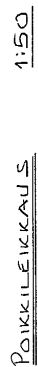
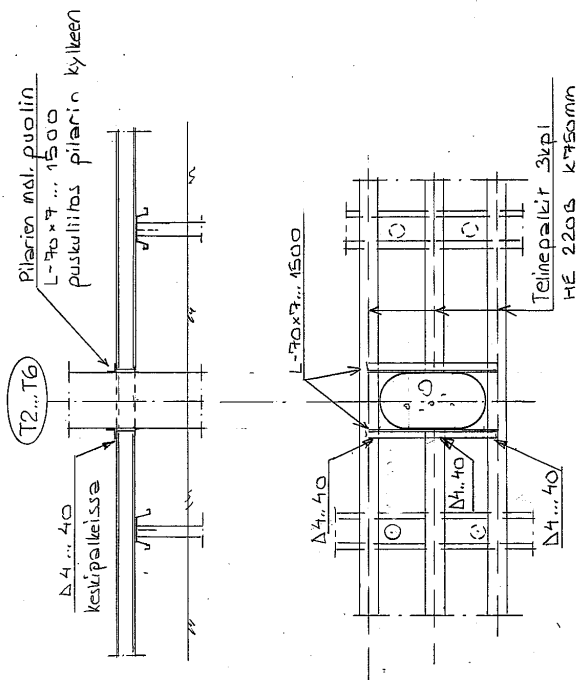
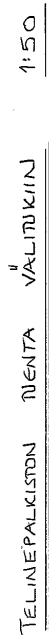








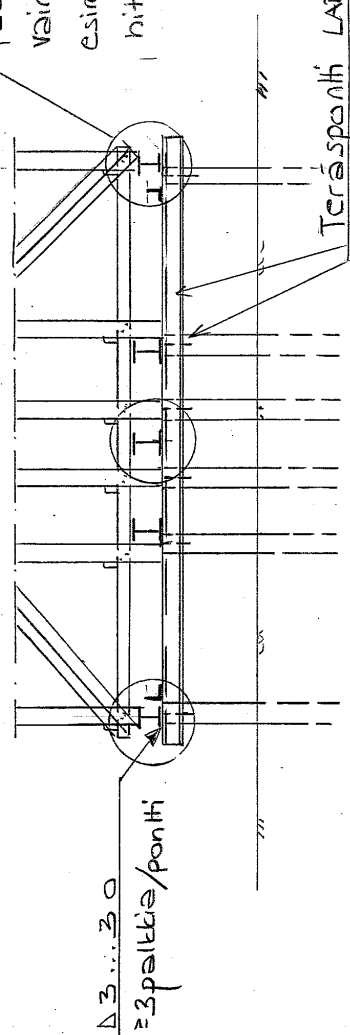




POIKKILEIKKAUS 1:50

- Liikennesuorat viidinkellä;  $vakh \approx 10.50 \times 4,80m$
- Auton pientien telinepaaluus ja alusteline

HUOM! Tukiväillä T3...T4 tuen T3 puoleisella tukilinjalla tarvitaan vain pituussuunnaiset sidepaalkit.  
esim: 3kpl L-70x70 k2000; L $\approx$ 2,0m  
hitit päissä  $\Delta 3...30$



Teräspanniti LÄRSÄN 22 tai vast. L $\approx$ 5,0m  
rapit 4/12 L $\approx$ 200; 1kpl/paalu

350	1350	675	550	675	1350	350	Katukaton pientiepaikat
							6kpl 150x150/tukilinja
350	1550	750	750	1550	350		Telinepaalkit 5kpl
							3kpl HE 220B + 2kpl HE 180B
425	1400	3x550=1650			1400	425	Puutukipaalut 6kpl/rivi
							lata $\varnothing \approx 150mm$
			5300				
			(=sillan kokonaisleveys)				